



**Ivo Emanuel
Moreira de Jesus
Matos**

***Procurement* para peças de substituição em fim de
vida: Caso de Estudo**



**Ivo Emanuel
Moreira de Jesus
Matos**

***Procurement* para peças de substituição em fim de
vida: Caso de Estudo**

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Prof. Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha namorada pelo incansável apoio e incentivo.

o júri

presidente

Professora Doutora Ana Maria Pinto de Moura
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Professor Doutor João Manuel Vilas-Boas da Silva
professor auxiliar convidado do Iscte Business School - Instituto Universitário de Lisboa

Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Dedico este trabalho a todos os que me apoiaram ao longo de todo o meu percurso académico. Agradeço em especial aos meus pais por todo o esforço, sacrifício e acompanhamento durante todo este percurso, e a toda a minha família por me ensinarem os valores que regem aquilo que sou.

Agradeço igualmente à minha namorada por ser tudo aquilo que sempre esperei, e muito mais que isso. Por estar sempre presente, e por todo o apoio que sempre recebi.

Ao meu orientador científico, Prof. Luís Miguel Ferreira, por toda a disponibilidade, apoio e críticas que tornaram possível a construção deste trabalho.

Por fim agradeço a todos os colegas da Bosch Aveiro, e em especial à minha orientadora do projecto Inês Silva, que foram essenciais tanto na realização deste trabalho, como no enriquecimento da minha vida profissional e pessoal.

palavras-chave

peças de substituição, *procurement*, produtos descontinuados, ciclo de vida, serviço pós-venda

resumo

O trabalho incide na definição de ferramentas de apoio ao processo de *procurement* de componentes específicos para peças de substituição de produtos em fim de vida. Com a implementação destas ferramentas é pretendido melhorar o nível de serviço ao cliente e a gestão de stocks destes componentes e peças, eliminando desperdícios.

As ferramentas foram desenvolvidas com base na organização da informação, caracterização dos produtos e análise dos mesmos. Estas consistem numa base de dados, procedimentos e métodos de previsão adequados aos tipos de produto.

keywords

spare parts, procurement, discontinued products, life cycle, after-sales service

abstract

The work focuses on the definition of tools to support the procurement process of specific components for spare parts of end of life products. Through the implementation of these tools, it is aimed to improve the level of customer service and stock management of these parts and components, eliminating waste.

The tools were developed according to information organization, product characterization and analysis. They consist of a database, procedures and forecasting methods suitable to this type of product.

Índice

Índice de Figuras	iii
Índice de Gráficos.....	iii
Índice de Tabelas	iv
Lista de abreviaturas	v
1 Introdução.....	1
1.1 Relevância da gestão de peças de substituição	1
1.2 Objectivos/metodologias	2
1.3 Organização do documento	2
2 Enquadramento teórico.....	3
2.1 Gestão de peças de substituição.....	4
2.1.1 Peças de substituição para diferentes tipos de produtos.....	6
2.1.2 Ciclo de vida das peças de substituição	7
2.1.3 Duração do serviço pós-venda	8
2.1.4 Tipo de procura	9
2.1.5 Com reparação ou sem reparação.....	10
2.1.6 <i>Reordering</i>	11
2.2 Processo de <i>procurement</i> para peças de substituição	11
2.2.1 Previsões de procura.....	13
2.2.2 Previsão de procura de peças de substituição.....	14
2.2.3 Caracterização das peças de substituição	15
2.2.4 Métodos de previsão.....	17
2.3 Benefícios dos métodos de previsão	21
3 Caso de estudo	22
3.1 Descrição do grupo Bosch	22
3.1.2 Bosch Production System	22
3.1.3 Ferramentas de melhoria contínua	24
3.2 Bosch Termotecnologia	25
3.2.1 Estrutura da Bosch Termotecnologia	25
3.2.2 LOG2 - Planeamento e <i>Procurement</i>	26
3.3 Projecto	28
3.3.1 Objectivos.....	28
3.3.2 Metodologias.....	28
4 Definição do problema e proposta de resolução.....	30
4.1 Definição do problema.....	30
4.2 Definição do ciclo de vida	32
4.3 Análises.....	38
4.3.1 – Peças fora do período de responsabilidade	40
4.3.2 – Peças de substituição de produtos descontinuados sem data	42
4.3.3 – Previsões.....	43
4.4 Indicadores de desempenho	53

5 Conclusão	55
Bibliografia.....	56

Índice de Figuras

Figura 1 - Custo da disponibilidade de peças de substituição. [Adaptado de Triennale (2009)]	4
Figura 2 - Variáveis do <i>procurement</i> . [Adaptado de Käki (2007)]	5
Figura 3 - Características das peças de substituição - [Adaptado de Käki (2007)]	6
Figura 4 - Ciclo de vida das peças de substituição. [Adaptado de Inderfurth e Mukherjee (2006)]	9
Figura 5 - Principais parâmetros para caracterizar a procura de peças de substituição [Adaptado de Syntetos et al. (2005)]	16
Figura 6 - Exemplo do intervalo de tempo entre procuras.	16
Figura 7 - Áreas de negócio Grupo Bosch	22
Figura 8 - Processos Logísticos BT	26
Figura 9 - Processo de planeamento e <i>procurement</i>	27
Figura 10 - 5 fases de desenvolvimento do projecto	28
Figura 11 - VSM situação inicial de procura de uma peça de substituição de um produto descontinuado.	30
Figura 12 - Exemplo da estrutura dos produtos	33
Figura 13 - Definição da estrutura do produto	36
Figura 14 - Fluxograma do procedimento a ter em relação às peças e componentes em fim de vida	41
Figura 15 - Estrutura do produto de aparelhos sem data	42
Figura 16 - Fluxograma da revisão de fornecedores de componentes específicos.....	53

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Estratégias para melhorar a gestão de peças de substituição. [Adaptado de SPM: The Focus is the Customer (2004)]	13
Gráfico 2 - Distribuição percentual do capital em stock e do nº de referências de componentes de compra	38
Gráfico 3 - Peças de substituição exclusivas	39
Gráfico 4 - Componentes exclusivos das peças de substituição exclusivas	39
Gráfico 5 - Componentes com e sem fornecedor atribuído	40
Gráfico 6 - Aparelhos por peça, curva ABC.	43
Gráfico 7 - Gráfico cronológico da procura das 3 peças de substituição analisadas	47
Gráfico 8 - Gráfico da previsão da procura da peça 1	49
Gráfico 9 - Gráfico da previsão da procura da peça 2	50
Gráfico 10 - Gráfico da previsão da procura da peça 3	51
Gráfico 12 - Percentagem de falhas de peças de substituição exclusivas	54

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resumo dos factores que afectam a procura, peça para produto final vs peça de substituição.....	14
Tabela 2 - Elementos e ferramentas do BPS	23
Tabela 3 - Variáveis que caracterizam as peças de substituição	32
Tabela 4 - Exemplo de componentes em peças de substituição	33
Tabela 5 - Exemplo de peças de substituição em aparelhos com data de fim de produção	34
Tabela 6 - Exemplo da data fim do serviço pós venda das peças de substituição.....	35
Tabela 7 - Exemplo da data fim do serviço pós venda dos componentes para peças de substituição	35
Tabela 8 - Exemplo da caracterização das peças de substituição.....	37
Tabela 9 - Exemplo da caracterização dos componentes específicos (EZRS).....	37
Tabela 10 - Ilustração da procura de diferentes peças, ADI e CV	46
Tabela 11 - Previsão da procura da peça 1	48
Tabela 12 - Exemplo da previsão de procura de componentes por peça.....	52
Tabela 13 - Exemplo da previsão total da procura de componentes	52

Lista de abreviaturas

BPS – *Bosch Production System*

BT - Bosch Termotecnologia

CIP – *Continuous Improvement Process*

EMPA – Erro médio percentual absoluto

EQM – Erro quadrático médio

ERP – *Enterprise Resource Planning*

EZRS – nomenclatura atribuída pela BT aos componentes de compra, exclusivos para peças de substituição

MRP – *Material Requirement Planning*

OEM - *Original Equipment Manufacturer*

SKU - *Stock Keeping Unit*

VSM – *Visual Stream Mapping*

1 Introdução

A realização deste relatório de projecto tem por objectivo a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial pela Universidade de Aveiro. Neste contexto, foi efectuado um projecto curricular na empresa Bosch Termotecnologia SA, presente no distrito de Aveiro, que decorreu pelo período de 8 meses. O tema abordado na realização do mesmo foi a gestão, a nível de planeamento e *procurement* de componentes adquiridos, específicos para peças de substituição, isto é, para peças de substituição de produtos já descontinuados.

1.1 Relevância da gestão de peças de substituição

Os stocks de peças de substituição atendem a necessidades de reparação de produtos de consumo, veículos, máquinas e equipamentos industriais, tendo frequentemente altos custos de capital e um forte impacto no nível de serviço aos clientes (Hong et al. 2005). De facto, no mundo competitivo de hoje, os clientes têm expectativas cada vez maiores quanto à qualidade dos produtos e serviços associados. Assim, a ocorrência de falhas é, por si só, um transtorno. Além disso, a demora na reparação, por falta de peças de substituição, agrava a percepção negativa dos clientes. No entanto, a existência de uma grande multiplicidade de componentes, com ciclos de vida mais curtos e uma baixa procura dificulta a gestão destes stocks. Este relatório de projecto, portanto, apresenta uma revisão da literatura sobre a gestão de peças de substituição, abordando tanto a previsão da procura como a caracterização das peças na fase final do seu ciclo de vida. Desta forma, identificam-se alguns modelos de previsão da procura, adequados a este tipo de peças, e apresenta-se um caso de estudo, da Bosch Termotecnologia SA, com a aplicação prática dos modelos. Neste caso de estudo, apresenta-se também a caracterização destas peças, com o seu ciclo de vida, e as ferramentas de gestão para estas.

Esta concentração na gestão das peças de substituição é importante para que as empresas mantenham os seus custos de produção e armazenamento tão baixos quanto possível, mantendo-se, assim, competitivas. Por outro lado, as peças de substituição devem ser encaradas como uma importante fonte de receita, uma vez que a sua disponibilidade é um factor de diferenciação na escolha dos clientes. Além disso, são também uma oportunidade para as empresas que têm os seus produtos no mercado porque, face à conjuntura económica actual, cada vez mais os clientes optam por reparar um produto usado em vez de adquirir um novo.

1.2 Objectivos/metodologias

Este projecto tem como objectivo demonstrar a importância das peças de substituição em fim de vida, apresentando as suas características e a melhor estratégia para a sua gestão.

No que diz respeito ao caso de estudo da Bosch Termotecnologia SA, os principais objectivos referem-se à eliminação do stock desnecessário e melhoria do nível de serviço ao cliente, de forma sustentável. Pretende-se também tornar alguns processos da gestão de peças de substituição mais transparentes e eficientes. Para tal, será feita uma caracterização destas peças e serão criadas ferramentas, entre as quais métodos de previsão da procura, para melhorarem a sua gestão, tanto a nível de *procurement* dos seus componentes como a nível de planeamento da sua produção.

1.3 Organização do documento

O presente trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos, onde o primeiro capítulo diz respeito ao enquadramento em que o documento se insere.

O segundo capítulo apresenta o enquadramento teórico sobre a gestão de peças de substituição nas diferentes fases do ciclo de vida, com especial ênfase na fase final destas peças. Serão apresentadas as suas características quanto ao processo de *procurement* e métodos de previsão.

O capítulo seguinte introduz-se com uma apresentação da empresa onde decorreu o desenvolvimento do projecto, bem como os princípios *Bosch Production System* que nela existem, seguindo-se com a definição dos objectivos do projecto e metodologias para atingir os mesmos.

O quarto capítulo apresenta o caso de estudo e a implementação do projecto, apresentando também os resultados obtidos.

No último capítulo constam as conclusões e sugestões de melhoria para um futuro trabalho.

2 Enquadramento teórico

Segundo Hong et al. (2005), a crescente inovação tecnológica e as frequentes mudanças de preferências dos consumidores levam à redução do ciclo de vida de alguns produtos, aumentando, por isso, a sua variedade. No entanto, nos bens de consumo duráveis, tais como os carros, frigoríficos e outros, apesar de existir igualmente um crescente leque de variedades de produtos, o ciclo de vida não é necessariamente mais curto. Os bens de consumo duráveis podem ter ciclos de vida com várias décadas e as empresas têm que garantir o serviço pós-venda destes produtos durante esse período.

De facto, com um mercado cada vez mais competitivo, as empresas procuram formas de se diferenciarem. Uma das principais estratégias para o conseguirem é o foco no serviço pós-venda. A reparação em tempo útil dos produtos, caso estes se avariem, faz parte desses serviços. Para tal, muitas vezes, é necessária a substituição de uma ou mais peças do produto, as chamadas peças de substituição. Estas peças, segundo alguns estudos, “Service Parts Optimization” (2006), representam também entre 20 a 30 por cento das vendas totais das empresas e concedem-lhes uma elevada percentagem de lucro, constituindo uma grande fonte de receita. No entanto, como estes produtos têm ciclos de vida longos e cada vez há mais variedade dos mesmos, as empresas acumulam grandes quantidades de stocks de peças de substituição e os seus componentes. Isto acontece porque, mesmo que a produção de um produto tenha sido descontinuada, as peças de substituição, independentemente de fazerem parte da produção corrente ou não, têm que continuar a ser fornecidas para o serviço pós-venda. Este stock de peças de substituição, ou dos seus componentes, para produtos descontinuados, para além de se poderem tornar obsoletos, têm um custo associado superior ao das peças de substituição de produtos que ainda se produzem actualmente, porque representam um significativo empate de capital.

Por outro lado, há situações onde a quantidade de stock existente destas peças de substituição não é suficiente para satisfazer as necessidades dos clientes, prejudicando assim a imagem das empresas (custo da falha). Esta falta de controlo pode ser ainda mais desastrosa pois, para além da falta da peça, pode já não existir stock dos seus componentes para produzir a peça nem mesmo fornecedores designados. Isto pode ocorrer devido à típica procura intermitente que algumas peças de substituição têm durante o seu ciclo de vida, o que dificulta a previsão dos seus consumos (Willemain et al., 2004).

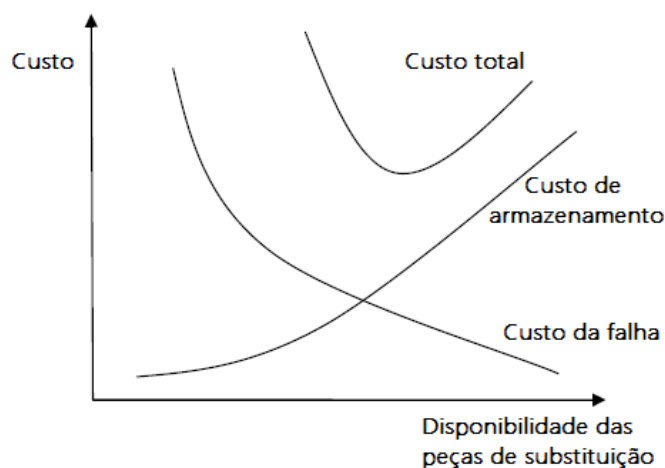


Figura 1 - Custo da disponibilidade de peças de substituição. [Adaptado de Triennale (2009)]

A figura 1 sintetiza a relação entre o custo do stock (armazenamento) versus o custo da falha ao cliente. No sentido de garantir o nível de serviço pós-venda, diminuir o capital empatado em stocks (custo de armazenamento), diminuir o risco de obsolescência e de forma a maximizar esta fonte de receita, é fundamental uma gestão de stocks sustentável, ajustada à procura característica das peças de substituição.

2.1 Gestão de peças de substituição

O plano mestre de produção, usualmente designado por MRP, segundo Vollmann (1997), é uma filosofia de planeamento que se materializa num sistema informático de controlo de stock e planeamento da produção. Este define quando os componentes do produto final devem ser encomendados ou quando deve ser iniciada a sua produção. Este planeamento é necessário porque os clientes querem os seus produtos mais rapidamente do que o tempo que eles demoram a fazer e a entregar. A gestão de peças de substituição faz parte do planeamento das necessidades de materiais (MRP).

Na verdade, existe muita bibliografia sobre MRP, aliás, este tema é referido em quase todos os livros sobre gestão da cadeia de abastecimento. No entanto, se nos focarmos nas peças de substituição, e em particular na gestão peças de substituição de produtos descontinuados, a bibliografia é escassa. Este capítulo tem o intuito de apresentar e focar nas variáveis que caracterizam a gestão de peças de substituição e o processo de *procurement* dos seus componentes. Entenda-se *procurement*, neste caso, como o controlo de stock das peças de substituição (planeamento), os seus componentes (*reordering*), contactos com os fornecedores e o nível de serviço estipulado.

Segundo Käkäi (2007), para que a gestão de peças de substituição seja eficiente, é necessário garantir a disponibilidade das peças certas, na quantidade certa e na altura certa. Para um processo de *procurement* ser bem sucedido, é fundamental existir um modelo de previsão de necessidades de peças de substituição. Outras variáveis relevantes são, por

exemplo, o custo dos componentes e o custo do seu armazenamento. Ainda podemos ter em conta variáveis internas, como o nível de serviço e variáveis externas, tais como os contratos com fornecedores e entregas.

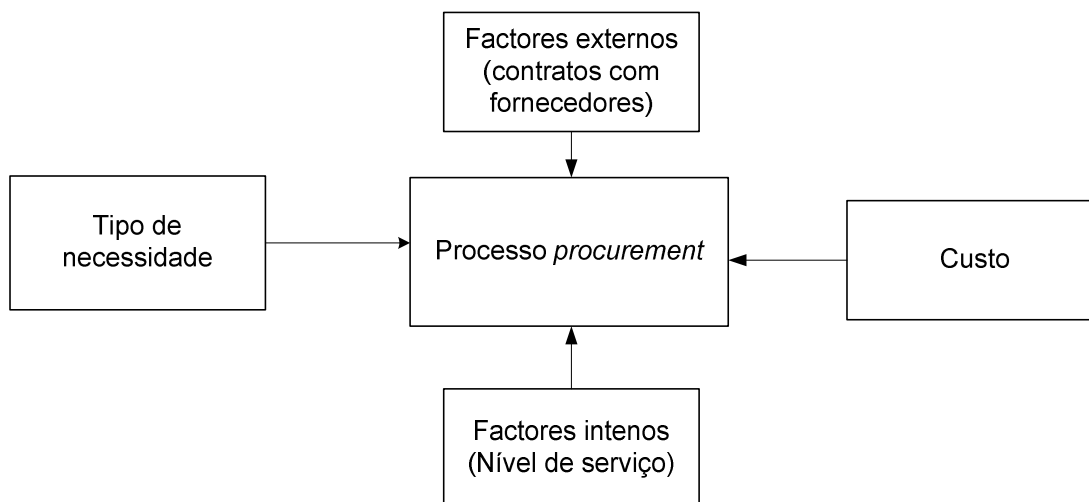


Figura 2 - Variáveis do *procurement*. [Adaptado de Käki (2007)]

Se a procura de peças de substituição seguir um modelo determinístico, então os factores externos, como por exemplo, regulamentos que exijam uma certa quantidade de peças de substituição em stock, e os requisitos definidos pela própria empresa, como o nível de serviço, serão mais relevantes do que as previsões de procura. No entanto, se a procura não for completamente determinística, esses factores, apesar de presentes, deixam de dominar.

Tal como foi referido, a disponibilidade de peças de substituição, como é o caso do serviço pós-venda, é de grande importância para as empresas, não só pelo lucro que dão (SAS, 2006), mas também pela imagem de fiabilidade que transmitem ao cliente. Por este facto, e devido ao aumento da variedade de produtos, a gestão de peças de substituição vai sendo cada vez mais importante e as empresas têm, necessariamente, que o reconhecer. Para que consigam delinear uma estratégia sólida, têm que considerar as variáveis que tenham impacto na gestão das peças de substituição. Estas variáveis ajudam as empresas a reconhecer os pontos fracos e pontos fortes da sua gestão de peças de substituição. Cada uma destas variáveis tem mais, ou menos, influência no delinear da estratégia. Käki (2007) identifica 6 diferentes tipos de variáveis que derivaram das características dos produtos e correspondentes peças de substituição, ilustrados no seguinte esquema:

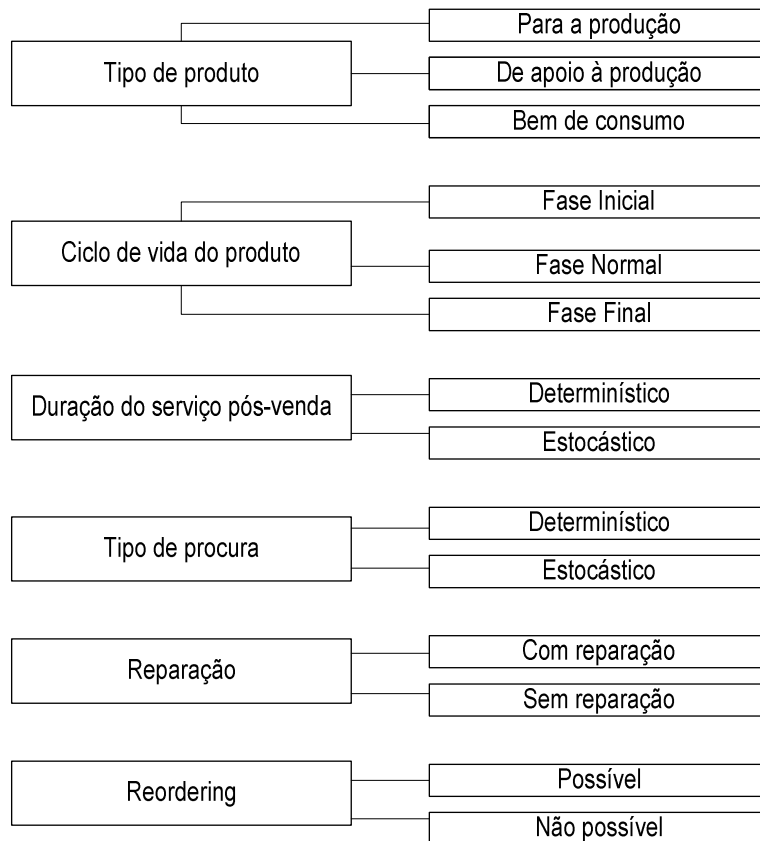


Figura 3 - Características das peças de substituição - [Adaptado de Käkí (2007)]

2.1.1 Peças de substituição para diferentes tipos de produtos

Segundo Fortuin e Martin (1999) as peças de substituição são necessárias para reparação e para manutenção de 3 grandes grupos de tipo de produtos, entre eles:

- (1) Para a Produção - tais como máquinas nos departamentos de produção ou veículos de transporte no armazém (por exemplo: empilhadores). Na maior parte das empresas, há um departamento técnico dentro das próprias, responsável pela manutenção e controlo do stock das peças de substituição necessárias para esses equipamentos. A gestão das peças de substituição para este tipo de produtos é a mais flexível, na medida em que as empresas podem decidir internamente qual o serviço que desejam e a procura destas peças é geralmente a mais previsível. Uma das razões para essa previsibilidade é a transparência da informação que existe quando a empresa presta o próprio serviço.
- (2) De apoio à Produção – tais como computadores e telefones, em que a empresa que fornece estes produtos (OEM) é a responsável pela sua manutenção, mesmo estes estando nas instalações da empresa cliente. Neste caso, o OEM é o responsável por ter as peças de substituição necessárias em stock. O período de serviço pós-venda é normalmente muito longo, uma vez que o tempo de vida destes produtos pode ser

de décadas. Este longo período, juntamente com peças de substituição, que normalmente são dispendiosas, torna a gestão de peças de substituição mais importante mas também mais complexa.

- (3) Bens de Consumo – tais como televisões, carros e frigoríficos. Neste caso, a gestão de peças de substituição é igualmente importante e complexa, mas por razões diferentes. O maior problema reside no padrão da procura das peças de substituição, que tipicamente é mais aleatória nos bens de consumo. Isto ocorre porque os produtos de consumo raramente têm uma manutenção programada e também porque os clientes podem adoptar comportamentos inesperados. A informação sobre a procura é escassa, apesar de a quantidade de bens de consumo ser muito alta, aumentando a potencial procura das respectivas peças de substituição. Isto leva a grandes perdas a nível de peças de substituição que podem já estar obsoletas ou não existir stock. No entanto, há alguns casos em que pode compensar a compra de um novo produto em vez da reparação ou compra de uma peça de substituição para o produto “antigo”.

2.1.2 Ciclo de vida das peças de substituição

Quando um novo produto é introduzido no mercado, há dois tipos de peças de substituição que são necessárias para a manutenção ou reparação do produto: as que já são usadas noutros produtos e aquelas que são novas. Neste último caso, quando a peça de substituição é introduzida, referimo-nos à fase inicial desta peça. Fortuin (1980) divide o ciclo de vida das peças de substituição em três fases distintas, com foco na procura:

- Fase Inicial: Não há histórico do consumo da peça e a previsão da procura desta é feita com base noutras peças já existentes do mesmo género ou então em previsões conceptuais.
- Fase Normal: A procura torna-se de alguma forma previsível, pelo menos com as peças que têm mais rotação, tornando a previsão estatística mais fiável.
- Fase Final: O produto deixa de ser produzido, mas há a obrigação de garantir o serviço pós-venda com as peças de substituição, daí que continua a existir procura. A certa altura terá que ser feita a encomenda final.

Na fase inicial ocorrem diferentes tipos de procura. De facto, muitos produtos não avariavam logo no início, enquanto outros sofrem de defeitos logo à partida, mostrando falhas no produto que o fabricante até então não detectou. No primeiro caso seria de esperar que a procura fosse baixa, no entanto, os centros de reparação (subsidiárias) encomendam algumas peças para ficarem com stock disponível. Após esta primeira fase, surge a fase de maturidade das peças, em que as reparações são feitas regularmente e a procura destas é mais regular. Estas duas primeiras fases prolongam-se durante algum

tempo, até que o fim da produção do produto leva a peça de substituição à sua fase final. Na gestão de peças de substituição, esta fase final é a mais problemática.

É importante referir que o declínio do ciclo de vida do produto e da peça de substituição não ocorrem necessariamente ao mesmo tempo. Quando nos referimos ao fim de vida do produto, significa isto que o produto já não é produzido, mas é necessário garantir as suas peças de substituição até ao fim de vida do serviço pós-venda do produto.

Para além das diferentes fases do ciclo de vida das peças de substituição, também se deve ter em conta o período desse ciclo de vida, neste caso coincidente com o tempo de serviço pós-venda do produto. Alguns produtos têm longos períodos de serviço pós-venda, enquanto que, em outros, esse período é muito curto. Assim, manter o stock durante esses longos períodos de tempo implica grandes custos. Para muitas empresas, que querem lucrar algo com as peças de substituição, é necessário estabelecerem um fim de vida para as suas peças de substituição, isto é, um período máximo. Todavia, muitas vezes este período pode ser uma obrigação legal.

2.1.3 Duração do serviço pós-venda

A duração do serviço pós-venda situa-se entre o início do ciclo de vida do produto e o fim do serviço pós-venda, isto é, período a partir do qual a empresa não se responsabiliza por fornecer mais peças de substituição para um determinado produto. Este período, como já referido, pode ser imposto legalmente, ou pode ser definido pela empresa. Pode-se prolongar para além do período legal, para assim aumentar o nível de serviço e melhorar a imagem da empresa. Como na maior parte das vezes as peças de substituição são necessárias após algum tempo de uso, a sua procura está um pouco desfasada da procura do produto em si. Isto pode ser verificado na próxima figura. Aqui, o início do declínio na procura das peças de substituição coincide com o fim de vida do produto. Apesar de tal ocorrer na maior parte dos casos, esta situação nem sempre é verdade.

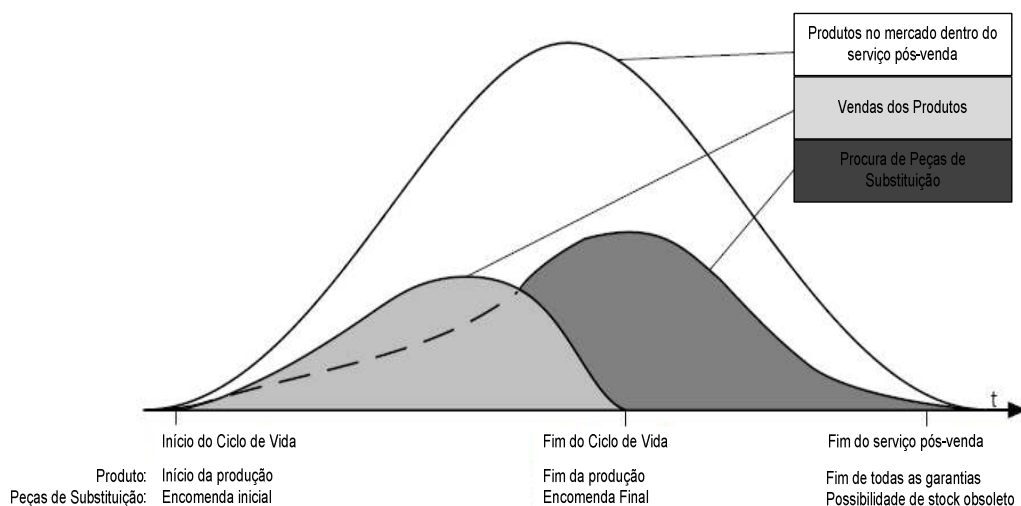


Figura 4 - Ciclo de vida das peças de substituição. [Adaptado de Inderfurth e Mukherjee (2006)]

O fim do serviço pós-venda pode também ser aleatório, o que complica muito a gestão de peças de substituição. Se uma operação numa máquina de produção depende apenas de uma única peça que se avaria, e não havendo stock desta, toda a máquina se torna obsoleta. Isto implica que todas as peças dessa máquina cheguem ao fim do período do serviço pós-venda mais cedo do que o esperado, o que é típico dos produtos para a produção e de apoio à produção. Outra fonte de aleatoriedade situa-se na troca de uma peça por outra. Por exemplo, uma empresa de baterias para telemóveis introduz no mercado uma nova bateria, mais barata e duradoura; quando o consumidor trocar a sua bateria, poderá escolher o novo modelo em vez do modelo antigo. Este tipo de aleatoriedade é muito difícil de prever (Hong et al. 2005)

2.1.4 Tipo de procura

Como sabemos, existem muitos produtos com manutenção agendada. Por exemplo, recomenda-se que os carros sejam inspeccionados a cada 50 000 km e os aviões também o são frequentemente, sem excepções. Se, durante a manutenção, algumas peças são constantemente substituídas, a procura dessas peças torna-se frequente. Para várias peças, como por exemplo as baterias, sabe-se previamente a sua durabilidade, pelo que a sua procura pode ser estimada de forma exacta, dividindo o tempo de serviço de um produto pela duração do componente. Estes são exemplos de procura de padrões determinísticos. Contudo, a procura de uma peça de substituição é, frequentemente, um processo aleatório.

Na verdade, a aleatoriedade da procura tem diferentes causas, e o elevado número de causas é, já por si, uma fonte significativa de aleatoriedade, isto é, se acrescentarmos muitas fontes hipotéticas, seguimos inevitavelmente um padrão muito aleatório. Tais fontes, na gestão de peças de substituição, são por exemplo a probabilidade de falha da

peça, a vontade de um cliente querer ou não a reparação de um produto ou a troca por um novo produto, o aparecimento de produtos competitivos no mercado, entre outros. A aleatoriedade é típica para os produtos como os bens de consumo, para os quais Fortuin e Martin (1999), entre outros, descrevem o processo de procura como “completamente aleatório”.

O processo de procura pode ser classificado de diversas formas (ex. estável / tendência, alto / baixo, sazonal / não sazonal) e uma das divisões mais comuns prende-se com os produtos de maior rotação (*fast-movers*) e produtos de menor rotação (*slow-movers*). Os produtos de maior rotação são itens que são frequentemente precisos, causando uma procura alta e regular. Os produtos de menor rotação têm, por sua vez, uma procura baixa e intermitente. Devido às características da procura, Fortuin e Martin (1999) descrevem os produtos de maior rotação de stock como itens para os quais é possível usar técnicas de previsão estatísticas, enquanto que a procura de produtos de menor rotação é demasiado aleatória para previsão estatística. No caso das peças de substituição, os produtos de menor rotação formam, geralmente, a maioria: no caso de estudo de Teunter (1998), a percentagem de produtos de menor rotação foi maior do que 80% em muitos casos. A procura destes produtos é normalmente muito intermitente, isto é, existem vários períodos de procura zero e tanto o tamanho da procura como o intervalo de ocorrência são aleatórios. Com as peças de substituição, este tipo de procura é explicado por grandes encomendas ocasionais feitas por centros de reparação para preencher o armazém.

2.1.5 Com reparação ou sem reparação

Fortuin e Martin (1999) dividem as peças de substituição entre aquelas que se podem reparar e as que não têm reparação. As peças reparáveis podem reduzir as necessidades do stock de duas maneiras: a procura diminui, caso uma peça avariada possa ser reparada no local e, como tal, não é necessária nenhuma substituição. Noutros casos, uma peça avariada pode ser trocada por uma nova, mas também pode ser arranjada mais tarde e recolocada no stock. Neste último caso, falamos de recuperação de stock. Como tantas vezes, também aqui existem diferenças entre tipos de produtos: para máquinas as peças são frequentemente reparáveis, enquanto que para bens de consumo as peças normalmente não são reparáveis.

A reparabilidade, embora decresça os níveis de stock, aumenta a incerteza em gestão de peças de substituição. Tal se deve à incerteza da possibilidade de reparação, isto é, é incerto se uma peça pode ser substituída ou não. Além disso, a variação nos custos de reparação pode tornar o processo de *reordering* complexo. Então, muito embora a reparabilidade de uma peça de substituição diminua o nível de stock em qualquer caso, também causa complicações e incertezas nos cálculos do stock ideal.

2.1.6 Reordering

Existe uma diferença entre as estratégias que utilizam o *reordering* e as que não o usam. Para a maioria das peças, o contrato de serviço do respectivo produto dura mais tempo do que o período de fornecimento do produto. Por isso, a determinada altura, o fornecedor dá a última oportunidade para encomendar peças de substituição antes que a sua produção seja descendente. Depois desta data (a última oportunidade de compra), não é possível encomendar e o nível de stock pode apenas diminuir. Na fase inicial e normal do ciclo de vida das peças de substituição, os *reorders* são frequentemente possíveis e diminuem os custos de stock, diminuindo a obsolescência e também riscos de falhas. No entanto, é possível que o *reordering* esteja disponível até ao fim do ciclo de vida, por exemplo se a peça é muito comum e é usada igualmente por outros produtos. Normalmente, porém, deixa-se de fazer *reordering* antes que a peça atinja o fim do seu tempo de serviço pós-venda. Como o fim do ciclo de vida é a fase mais imprevisível, no sentido da procura, o tamanho da encomenda é difícil de definir.

2.2 Processo de *procurement* para peças de substituição

Como foi mencionado, o propósito do *procurement* é encomendar uma quantidade inicial de componentes para peças de substituição e restabelecer o stock sempre que necessário. Se ligado ao ciclo de vida de uma peça de substituição, o *procurement* geralmente consiste num pedido inicial, o *reordering* e a encomenda final. O objectivo final da gestão de peças de substituição é garantir ter apenas o necessário de peças de substituição em stock, ou os seus componentes, ao longo do seu ciclo de vida. No *procurement*, é decidido quando e quanto se repõe, o que representa uma contínua cedência entre o stock (que define os custos de stock) e os níveis de serviço, isto é, o perigo da falta de stock e consequentes falhas das encomendas (custo da falha).

Até as pequenas e médias empresas podem enfrentar a procura de milhares de itens (ou de *stock keeping units* (SKUs), se forem divididos nas unidades menores possíveis). Em Lee (2002), o *procurement* de SKU é colocado em questão com perguntas como: "Quando se deve reabastecer o SKU?", "Qual é a quantidade que se deveria encomendar?" ou "Poderia utilizar-se melhor o stock destes SKU noutra sítio?" Para muitas perguntas existem muitas respostas, com milhares de itens, daí que é necessária uma abordagem bem estruturada.

Existem diferentes abordagens ao *procurement*, quando o controlo de stock é feito só em relação à quantidade de componentes adquirido. Uma divisão razoável entre as abordagens é a de Huiskonen (2001), ou seja, entre os modelos matemáticos e de classificação. O primeiro inclui, por exemplo, a minimização de custos ou modelos baseados em distribuições estatísticas ou taxas de insucesso, enquanto a segunda implica diferentes formas de classificar as peças de substituição para classes homogêneas, com uma estratégia de *procurement* individual para cada uma delas. Huiskonen (2001) observa que a classificação também é importante quando se utilizam modelos matemáticos (por

exemplo, em decisões de compra ou na escolha do parâmetro de controlo), pelo que os dois não são mutuamente exclusivos.

De acordo com Chopra e Meindl (2004), o objectivo principal do processo de *procurement* de materiais directos é coordenar a cadeia de fornecimento e garantir a adequação da oferta e da procura. Estes autores também apresentam uma classificação bidimensional, para definir o foco nos itens estrategicamente importantes. Braglia (2004) afirma que o uso de apenas duas dimensões é insuficiente para discriminar os parâmetros de controlo potencial para os diferentes tipos de itens. Este autor apresenta um modelo que consiste num total de 17 atributos diferentes. O número de atributos é bastante significativo, mas a redução nos custos de stock, após a utilização do modelo desenvolvido, foi muito relevante.

Em modelos matemáticos, a abordagem de minimização de custos do *procurement* parece ser dominante. Vollmann (1997) propõe estratégias de minimização de custo que ajudam a definir a quantidade das encomendas e quando estas devem ser feitas. As estratégias mais populares são a Quantidade Económica de Encomenda e a Quantidade Periódica de Encomenda. Embora teoricamente elaboradas, elas dependem largamente da previsão de procura e são realmente estratégias de *reordering*, o que as torna inúteis na fase final de uma peça de substituição. Vollmann (1997) também lembra a importância da coordenação, e afirma que os relacionamentos de longo prazo e de cooperação entre os principais fornecedores são uma necessidade, pelo menos com fornecedores de materiais estratégicos. A cooperação tem que ser considerada também como um processo de apoio da gestão de peças de substituição, e não como uma estratégia independente.

O gráfico 2 mostra em síntese as estratégias mais sugeridas por diferentes empresas. Estas estratégias defendem que a oportunidade para melhorar a gestão de peças de substituição reside principalmente na melhoria dos métodos de previsão, na gestão de stocks e na colaboração com os fornecedores.

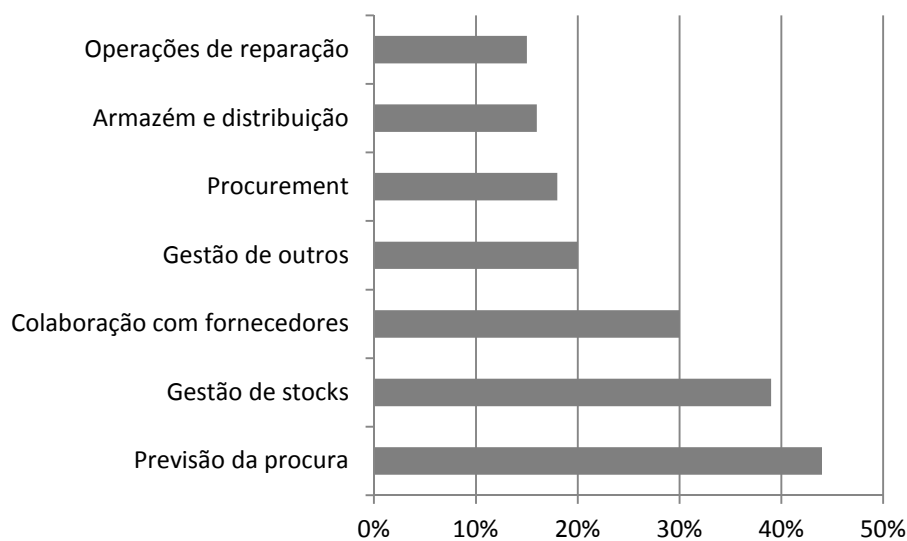


Gráfico 1 - Estratégias para melhorar a gestão de peças de substituição. [Adaptado de SPM: The Focus is the Customer (2004)]

2.2.1 Previsões de procura

A previsão de procura visa a construção de uma previsão mais exacta ou pelo menos "um palpite" para a procura futura de um produto. Muitas vezes, as previsões de procura são baseadas em dados de séries temporais e, para tais dados, as ferramentas de previsão consistem em técnicas estatísticas e de apreciação, que oferecem os melhores resultados quando combinadas (Webby e O'Connor, 1996). As técnicas comuns de previsão estatística consistem no amortecimento exponencial, médias móveis e técnicas específicas, tais como o modelo de Holt-Winter (séries com tendência e sazonalidade), e o modelo de previsão de Bayesian e Croston, para a procura intermitente. De igual modo, as técnicas estatísticas causais, como os modelos de regressão, são relevantes e eficientes na previsão, quando utilizados correctamente.

Uma previsão feita com base na observação/opinião é feita por um ser humano e, portanto, é influenciada por falsas premissas e tem tendência para se sobrevalorizar. Ainda assim, conforme relatado por Webby e O'Connor (1996), não há evidências que mostram que as técnicas estatísticas seriam melhores que a previsão feita com base na opinião e critérios de um ser humano. A acção do homem é necessária quando, por exemplo, surgem actividades de promoção que aumentam significativamente a procura no futuro próximo. Ao mesmo tempo, uma análise computacional é necessária para reconhecer a sazonalidade dos dados, onde os seres humanos vêem apenas flutuação aleatória. Intuitivamente, quanto mais aleatórios os dados, mais imprecisas serão as previsões, independentemente da técnica. Ainda assim, mesmo as mais simples previsões com dados erráticos podem oferecer muito, em comparação com "previsão cega" ou sem previsão alguma.

2.2.2 Previsão de procura de peças de substituição

A previsão da procura de peças de substituição difere da previsão de procura de produtos/peças regulares, e por norma é até mais difícil. Ao contrário das peças usadas na produção corrente, a procura real de peças de substituição é muito mais próxima de zero do que o máximo teórico. Em geral, a procura das peças de substituição é intermitente e aleatória (Willemain, 2004).

Por outro lado, a procura não é homogénea entre as peças de substituição. Algumas peças são vulgarmente substituídas enquanto, para outras, há uma grande probabilidade de nunca serem necessárias. Isto diferencia peças de substituição de peças para produção de outros produtos finais, onde tais probabilidades não existem, mas a quantidade de componentes necessários por produto é igualmente determinística. Da mesma forma, o ciclo de vida tem um grande impacto na previsão da procura de peças de substituição. Para os materiais de produção, o volume da procura e ciclo de vida são muitas vezes conhecidos antecipadamente uma vez que, apesar dos altos e baixos da linha de produção, os produtos são planeados com antecedência, pelo menos nalgum nível. Com peças de substituição, o impacto do ciclo de vida é consideravelmente mais incerto, porque raramente existe informação sobre o tempo de dependência da procura de peças de substituição. Além disso, é difícil estimar como se desenvolverá a procura de peças de substituição na fase final do ciclo de vida com base na procura da fase normal. Na tabela 1 são apresentados alguns factores importantes que fazem a diferença na procura.

Tabela 1 - Resumo dos factores que afectam a procura, peça para produto final vs peça de substituição.

Factor	Peça para Produção	Peça de substituição
Tipo de procura	Grandes volumes, Estável	Baixos volumes, Intermitente
Impacto do Ciclo de vida	Previsível	Imprevisível e longo
Origem da procura	Um ou poucos produtos	Muitos produtos em diferentes fases do ciclo de vida
Origem da aleatoriedade	Identificável	Não identificável devido às várias fontes

É fácil encontrar uma fonte de incerteza da procura no ambiente de produção. O aumento repentino da procura decorre, por exemplo, da falha técnica ou acidentes e a redução na procura decorre de stocks mal calculados. Em maior escala, naturalmente, a procura de peças está dependente da procura dos produtos finais, que podem variar significativamente do valor previsto. Com peças de substituição, a fonte de incerteza é muito mais complexa. Um factor importante é o utilizador final, especialmente na indústria

de bens de consumo. Embora seja difícil prever quais os produtos que o consumidor está disposto a comprar, é ainda mais difícil prever o comportamento do cliente no caso de um aparelho avariado. Assim, inúmeros factores como período de garantia, preço de reparação, a distância da loja mais próxima de reparação ou a situação financeira do cliente têm um impacto sobre a procura total da peça de substituição. Além disso, a reparação não é tão simples como "substituir o componente avariado ". Muitas vezes, todo um conjunto de componentes deve ser mudado, embora às vezes tal não seja necessário.

Existem alguns métodos estatísticos que se aplicam especialmente bem (ou pelo menos, tão bem como a maioria dos outros métodos) para dados intermitentes, que é uma característica comum da procura de peças de substituição. Se diferentes classificações são feitas (como produtos de maior rotação versus produtos de menor rotação), elas podem ser tidas em conta nas previsões. Para um item com procura intermitente (um típico produto de menor rotação), o algoritmo de previsão Croston funciona melhor do que outros algoritmos (Syntetos et al. 2005). Outra classificação relevante poderia ser uma divisão entre os componentes com taxa de falhas estáticas e em crescimento. Por exemplo, os componentes mecânicos desgastam-se, o que implica uma tendência crescente na procura (taxa de insucesso cresce) enquanto os componentes electrónicos são mais propensos a ter uma procura estável (taxa de falha constante). Em suma, não será vantajoso aplicar uma previsão de procura regular directamente às peças de substituição.

2.2.3 Caracterização das peças de substituição

Tal como mencionado anteriormente, não se deve aplicar uma previsão de procura regular às peças de substituição, principalmente às que são exclusivamente de produtos em fim de vida. Estas caracterizam-se como tendo intervalos de tempo irregulares, quantidades reduzidas e muitas variáveis. Syntetos et al. (2005) sugerem alguns parâmetros, tais como, a média do intervalo de tempo entre procuras (ADI) e o coeficiente de variação da quantidade consumida (CV^2), que permitem dividir o tipo de procura das peças de substituição em quatro tipos de categorias:

- *Slow moving*: são caracterizadas por uma procura extremamente esporádica (muitos períodos sem procura) mas com pouca variação na quantidade pedida;
- *Intermittent*: são caracterizadas por uma procura também extremamente esporádica (muitos períodos sem procura) mas com uma acentuada variação na quantidade pedida;
- *Erratic*: a característica fundamental é a grande variação da quantidade pedida, mas os momentos de procura são mais ou menos constantes ao longo do tempo;
- *Lumpy*: é a categoria mais difícil de controlar, pois é caracterizada por longos períodos de procuras iguais a zero e uma grande variação na quantidade.

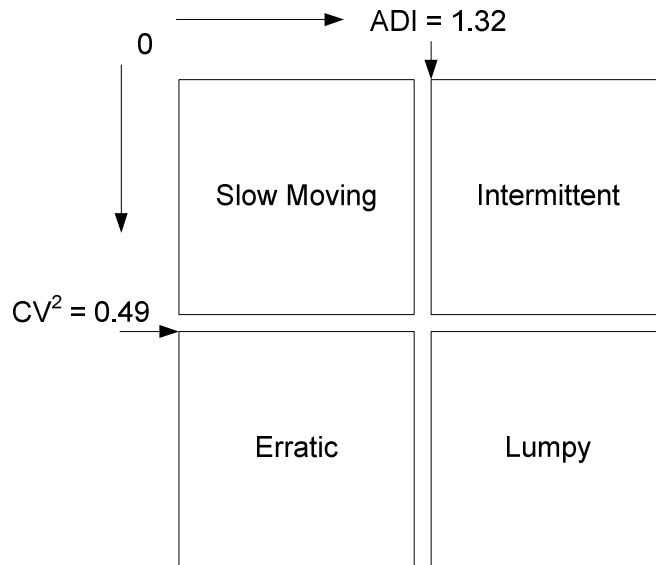


Figura 5 - Principais parâmetros para caracterizar a procura de peças de substituição
[Adaptado de Syntetos et al. (2005)]

Estes autores calcularam os chamados *cut-off values*, $ADI=1.32$ e $CV^2=0.49$, que permitem dividir e caracterizar o tipo de procura das peças de substituição. A Figura 4 apresenta as diferentes categorias atribuídas para cada intervalo de valores ADI e CV^2 . Temos então para calcular estes valores:

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \quad (1)$$

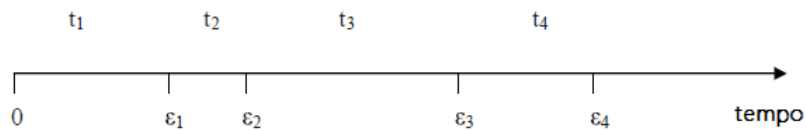


Figura 6 - Exemplo do intervalo de tempo entre procuras.

em que,

t_i -intervalo de tempo entre procuras consecutivos

ε_i - nº de peças de substituição consumidas

$$CV^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}{N-1} \quad (2)$$

$$\text{onde } \bar{\varepsilon} = \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_i}{N} \quad (3)$$

O coeficiente de variação da quantidade consumida (CV^2) considera toda a unidade de tempo, mesmo que não haja procura. Enquanto a média do intervalo de tempo entre procuras (ADI) apenas considera os intervalos de tempo, a procura é diferente de zero.

2.2.4 Métodos de previsão

Para as categorias apresentadas no ponto anterior, Syntetos et al. (2005) sugerem métodos de previsão adequados. Existem também outros autores que sugerem outros modelos para além dos indicados por Syntetos et al. (2005). Aqui serão apresentados os métodos da média móvel, adaptado de Triennale (2009), e o método de Croston, adaptado de Willemain (2004), do tipo *slow moving*. Para os tipos de procura *Intermittent*, *Erratic* e *Lumpy* será apresentado o modelo SBA (*Syntetos-Boylan Approximation*), adaptado de Syntetos et al. (2005). Será também descrito um outro método, apresentado por Hong et al. (2005), que não está exclusivamente associado a nenhum tipo de categoria apresentada. Este último método utiliza outros dados, para além do histórico da procura.

2.2.4.1 Média móvel

A média móvel é um conceito matemático largamente aplicado em variados ramos da ciência. Em estatística, a média móvel é uma das técnicas utilizadas na análise de séries temporais. Os métodos que utilizam as médias móveis são métodos não causais, pelo que não se definem variáveis explicativas, assumindo-se, antes, que as componentes são funções “alisadas do tempo”, com um comportamento estocástico. Estes métodos têm sido os mais frequentemente utilizados na correcção sazonal de séries de diferente natureza (fluxos económicos, dados demográficos, dados hidrológicos, etc.) e facilitam a detecção de tendências, (Escária, 1995). A utilização desta técnica em procedimentos automáticos de correcção sazonal iniciou-se na década de 1950 nos Estados Unidos da América com os primeiros censos. Os que criticam a utilização de métodos baseados em médias móveis na correcção sazonal apontam-lhes como principais defeitos a inexistência de um modelo estatístico explicativo do comportamento da série, o relativo atraso introduzido pelos sucessivos alisamentos e ainda a diferença de tratamentos a que estão sujeitas as observações centrais da série e as dos extremos. Apesar destas críticas, a qualidade dos resultados obtidos e a inexistência de uma alternativa satisfatória levam a que este método seja muito utilizado.

A média móvel é um método que faz a média dos N dados anteriores e é calculada de acordo com:

$$\hat{Z}_t(K) = \frac{Z_{t-N+1} + \dots + Z_t}{N} \quad (4)$$

Em que, o N será aquele que terá o menor EQM (erro quadrático médio) que será descrito posteriormente neste documento.

Este método é muito fácil de calcular e é aplicado quando a procura é do tipo *slow moving*. A ideia é substituir o valor da variável no período t por uma média das observações da variável da vizinhança daquele período. Quanto maior o período, mais amortecidos são os elementos aleatórios. Contudo, se existir uma tendência dos dados, a previsão tende a retardar a inserção desta tendência. Um espaço de tempo mais curto permite reproduzir quase automaticamente as oscilações no planeamento da produção; contudo, pode provocar uma oscilação grande de produção, criando problemas de organização do trabalho.

2.2.4.2 Método de Croston

O método de Croston foi desenvolvido para fornecer uma previsão mais precisa da procura média por período. Consiste meramente na aplicação do método de amortecimento exponencial simples, quer à série das encomendas, quer à série dos intervalos de tempo, mas com coeficiente de amortecimento de valor comum às duas séries. Os métodos de amortecimento exponencial são frequentemente utilizados para a previsão de séries temporais. São definidos através de fórmulas de actualização recursiva, onde são empregues pesos de forma a distinguir a importância entre as várias observações. Alguns desses métodos são adaptados para séries irregularmente espaçadas. O método de Croston estima então a média da procura, por período, aplicando o amortecimento exponencial separadamente entre os intervalos com procura diferente de zero. Considerando que Z_t é uma previsão da quantidade da procura, quando esta não é zero, e P_t o intervalo de tempo consecutivo entre procuras não negativas, temos para $X_t > 0$:

$$Z_t = \alpha \cdot X_t + (1 - \alpha) \cdot Z_{t-1} \quad (5)$$

$$P_t = \alpha \cdot G_t + (1 - \alpha) \cdot P_{t-1} \quad (6)$$

Onde,

X_t - é o valor actual da procura no instante t ;

G_t - é o tempo entre procuras consecutivas no instante t ;

α - é o coeficiente de amortecimento (valor entre 0 e 1)

Nos casos em que $X_t = 0$

$$Z_t = Z_{t-1} \quad (7)$$

$$P_t = P_{t-1} \quad (8)$$

Isto é, se no período de análise t não ocorrer nenhuma procura, então, a previsão da quantidade da procura e do intervalo de tempo entre procuras até ao fim do tempo t mantém-se inalterada.

A previsão da procura por período é dada por:

$$F_{t+1} = \frac{Z_t}{P_t} \quad (9)$$

2.2.4.3 Modelo SBA

Syntetos et al. (2001) afirmam que o método de Croston tem um enviesamento e propuseram uma nova versão, dando origem ao modelo SBA (*Syntetos-Boylan Approximation*), que o corrige.

$$F_{t+1} = (1 - \frac{\alpha}{2}) \frac{Z_t}{P_t} \quad (10)$$

Estes autores encontraram um erro numa proposição matemática do método de Croston. Esse erro leva a um enviesamento na previsão da procura e, para o rectificar, os autores apresentaram um modelo que é muito semelhante ao método de Croston, mas que incorpora um corrector, $(1 - \frac{\alpha}{2})$.

Onde,

α - é um coeficiente de amortecimento com valor entre 0 e 1 que poderá ter, ou não, o mesmo valor do coeficiente de amortecimento de Z_t e P_t .

2.2.4.4 Outros métodos

Segundo Hong et al. (2005), os modelos de previsão discutidos nalguns trabalhos não podem ser directamente aplicados à previsão de peças de substituição de todos os produtos. Na realidade, há produtos com um curto ciclo de vida, tais como computadores pessoais, telemóveis, bem como produtos com um longo ciclo de vida como um carro, que depende inteiramente do tempo de vida do próprio carro e que requer peças de substituição durante todo esse período. Hong et al. (2005) demonstram a importância de prever a procura de peças de substituição no tempo de aprovisionamento, mas não incorporam a natureza estocástica inerente à procura de peças de substituição, o que significa que a procura de uma peça de substituição surge apenas quando essa peça falhou, na qual o número de falhas para uma determinada peça de substituição depende da sua idade, da distribuição de falhas e da quantidade de produto no mercado. Estes autores identificam quatro factores importantes que devem ser incluídos em qualquer modelo de previsão de procura de peças de substituição. Os factores seleccionados foram: o número de vendas do produto, a probabilidade do cliente se desfazer do produto, a taxa de falha das peças de substituição, e a probabilidade de substituição da peça que falhou. Com base nesses quatro factores, estes autores desenvolveram um modelo que incorpora estes parâmetros relevantes, não abordados noutros trabalhos. Usando os valores previstos com respeito a períodos de tempo, pode-se auxiliar a tomada de decisões, em termos de quantidades de produção de peças.

2.2.4 Medidas de erro de previsão

No estudo dos métodos de previsão, as medidas de precisão são uma aplicação de extrema importância. Os valores futuros das variáveis tornam-se bastante difíceis de prever dada a complexidade da grande maioria dessas variáveis na vida real. Assim, é fundamental incluir informação acerca da medida em que a previsão pode desviar-se do valor real da variável. Este conhecimento adicional fornece uma melhor percepção sobre o quão precisa pode ser a previsão. De forma a fazer a escolha mais acertada de entre as técnicas disponíveis, e devido ao facto de algumas técnicas oferecerem uma maior precisão do que outras, consoante a situação, o responsável pela decisão necessita de uma medida de precisão para usar como base de comparação ao escolher uma dessas técnicas.

É importante monitorizar os erros de previsão para se determinar se estão dentro de limites razoáveis, quando são efectuadas previsões periódicas. Devem ser implementadas medidas correctivas caso os erros de previsão não se encontrem dentro destes limites.

A diferença entre o valor real e a previsão do valor dá origem ao erro de previsão:

$$e_t = A_t - P_t \quad (11)$$

em que,

e_t = Erro no período t

A_t = Valor real no período t

P_t = Previsão para o período t

De seguida são apresentados alguns erros de previsão, as suas definições e fórmulas.

Erro quadrático médio

O erro quadrático médio (EQM), já apresentado anteriormente, pode ser usado como uma medida do erro de previsão. O EQM é determinado somando os erros de previsão ao quadrado e dividindo pelo número de erros usados no cálculo. O erro quadrático médio pode ser expresso pela seguinte equação:

$$EQM = \frac{1}{N} \cdot \sum_t e_t^2 \quad (12)$$

Erro médio percentual absoluto

De acordo com Triennale (2009), tanto os valores do desvio médio absoluto como do erro quadrático médio dependem da importância do item que está a ser previsto, o que pode causar problemas ao nível da dimensão dos resultados. Se a previsão do item é medida em milhares, os valores do desvio médio absoluto e do erro quadrático médio podem ser muito grandes. A utilização do erro médio percentual absoluto (EMPA) é uma medida eficaz para resolver esse problema. O EMPA é a média da diferença absoluta entre

os valores previstos e actuais, expressa em percentagem dos valores actuais. Assim, se existem previsões e valores reais para n períodos, o erro médio percentual absoluto é:

$$\text{EMPA} = \frac{1}{N} \cdot \sum_t \left| \frac{e_t}{A_t} \right| \quad (13)$$

2.3 Benefícios dos métodos de previsão

A antecipação do nível de procura dos produtos ou serviços de uma empresa é uma importante informação para a tomada de decisão. Decisões sobre capacidade e viabilidade económica de projectos são directamente influenciadas pela distribuição de probabilidade da procura. Em relação às peças de substituição, o nível de stock é directamente afectado pelas informações sobre previsão da procura.

Neste sentido, a utilização de métodos de previsão adequados ao tipo de produto são essenciais. Estas previsões são também imprescindíveis para o processo de *procurement*, onde a cooperação com o fornecedor influencia directamente a capacidade de resposta das empresas e a possibilidade de ter baixos encargos com stocks, mas com um elevado nível de serviço ao cliente, tornando assim todo este processo sustentável e bastante rentável.

Nos capítulos seguintes veremos a aplicação, num caso de estudo, de alguns métodos de previsão descritos, tal como a importância e vantagens que a caracterização de peças de substituição traz.

3 Caso de estudo

3.1 Descrição do grupo Bosch

Fundada em 1886 por Robert Bosch, a Bosch começou por ser uma oficina electrotécnica e mecânica de precisão, transformando-se num dos maiores e mais poderosos grupos internacionais desde 1964.

Actualmente, o grupo Bosch tem actividades em diferentes ramos de negócio, o que se reflecte no grande número de produtos existentes no mercado com a marca Bosch, que vão desde componentes para automóveis, ferramentas eléctricas, equipamentos hidráulicos e pneumáticos, electrodomésticos, esquentadores e outros.

O grupo Bosch é líder mundial no fornecimento de tecnologia e serviços, estando dividido em três grandes áreas:

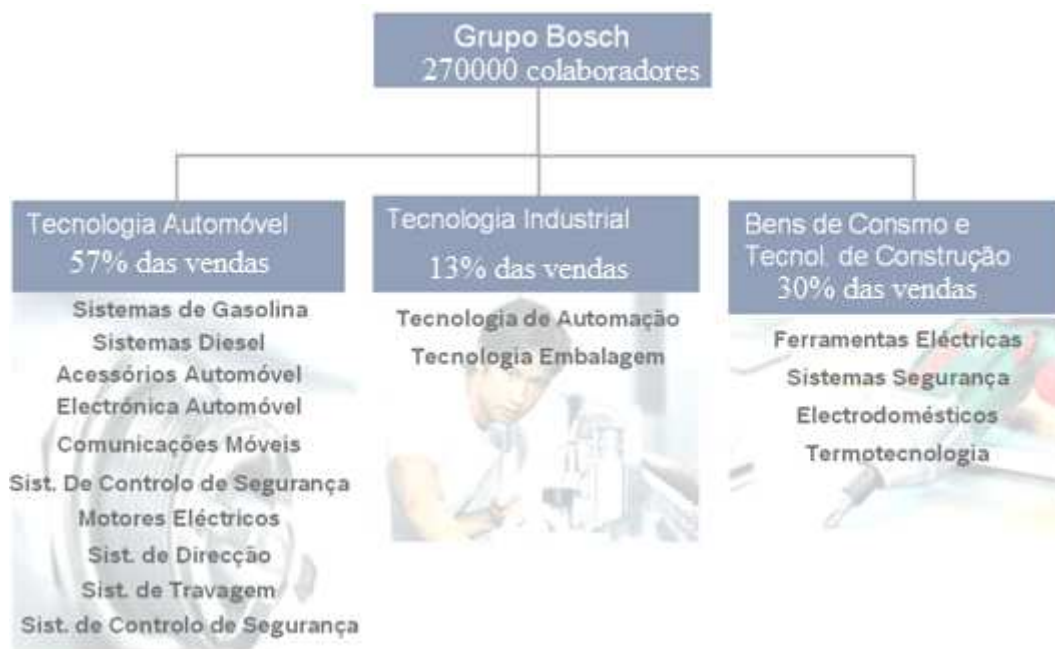


Figura 7 - Áreas de negócio Grupo Bosch

3.1.2 Bosch Production System

O *Bosch Production System* é uma filosofia que visa a melhoria de processos industriais. Esta teve início em 2002 e baseia-se no conhecido *Toyota Production System*. Esta filosofia está presente em toda a organização, visando a melhoria contínua e redução do desperdício. A tabela 2 apresenta diversos elementos e ferramentas do *Bosch Production System* direccionados para diferentes vertentes na cadeia de valor.

Tabela 2 - Elementos e ferramentas do BPS

Análise de situação	Qualidade	Produção	Logística
Policy Deployment	Sistemas de Reacção Rápida	Produção Orientada por Equipas	Sistema a Puxar <i>Pull</i>
Value Stream Planning	Andon	Layout Orientado ao Fluxo	Ship to Line
Value Stream Design	Manutenção Produtiva Total	Mudança rápida de ferramentas	Nivelamento
Planning Guideline	Poka Yoke	<i>Lean</i> Line Design	Milkrun Interno
Desenho para Produção	Ferramentas da Qualidade		Logística Externa
Planeamento do Ciclo de Vida do Produto	5S		Point of Use Provider
Trabalho Normalizado	Jidoka		
Melhoria Contínua			

Os princípios logísticos do BPS (*Bosch Production System*) fornecem a estrutura para a filosofia *Lean* na logística. Estes determinam o princípio de acção para a implementação dos processos logísticos BPS. A métrica na aplicação dos princípios é o alcance da qualidade, redução de custos e aumento do nível de serviço:

- ‘Customer Orientation’ - As acções são sempre focadas nos clientes, quer sejam internos ou externos, clientes ou fornecedores, em toda a cadeia de valor.
- ‘Process Orientation’ - A Logística trabalha activamente no fluxo contínuo de informação e material. O objectivo é reduzir o *lead-time* de abastecimento, em todos os sub-processos na cadeia de valor, desde o cliente, via produção até ao fornecedor. É suportado o fluxo contínuo de material, com entregas frequentes e em pequenas quantidades.
- ‘Pull Principle’ - Com um processo de controlo de consumo, assegura-se que apenas se procura, produz e transporta as quantidades que clientes internos e externos pretendem. Como pré-requisito, é necessário nivelar e estabilizar o fluxo de material e informação. O controlo do dimensionamento de consumo é determinado pelas requisições na cadeia de valor.

- ‘Flexibility’ - Equipamentos simples e flexíveis, e soluções que respondam rapidamente a alterações. Aumentar a flexibilidade à medida que clientes internos e externos procuram uma redução contínua do *lead time* e tamanho de lote.
- ‘Standardization’ – Desenvolver *standards* uniformes para planificação e processos logísticos físicos. Desenvolver condições para a sua implementação com rigor. Criar processos simples, auto explicativos e processos repetitivos.
- ‘Transparency’ - Procurar transparência através de uma rigorosa visualização de *standards* e procedimentos.
- ‘Defect Prevention’ - Procurar zero defeitos através de um constante desenvolvimento de métodos de prevenção de defeitos. A detecção de defeitos desde o primeiro passo é a prioridade, ao invés da detecção ao longo do processo. Analisar defeitos produzidos e procurar anular a suas causas.
- ‘Personal Responsibility’ - Cada colaborador é responsável por alcançar os objectivos da organização. Através de desenvolvimento e formação intensiva, os mesmos devem ser capazes de aplicar *standards*, eliminar desvios, e melhorar processos continuamente. Objectivos são desenvolvidos com conhecimento de todos, e todos trabalham activamente para os alcançar.
- ‘Continuous Improvement’ - Nunca estar satisfeito com o alcançado. Trabalhar activamente para melhoria contínua dos *standards* ao longo da cadeia de valor.

3.1.3 Ferramentas de melhoria contínua

Um dos desafios permanentes que faz parte do dia-a-dia de uma organização é a melhoria contínua, universalmente conhecido por *Kaizen*. Este defende que todos os dias se deve fazer melhor que o anterior, e nenhum dia deve ser passado sem efectuar uma melhoria efectiva. Assim, na Bosch, existem também diversas ferramentas que visam a melhoria contínua. Referimo-nos a ferramentas como, o CIP (*Continuous Improvement Process*), os 5S, o sistema de sugestões, os Workshops, Poin-CIP’s e projectos. Decorrem continuamente diversos projectos de melhoria, entre os quais o projecto que deu origem a este documento. Para tal, existem sub-departamentos apenas com a responsabilidade de conduzir novos projectos, sempre trabalhando em conjunto com todos os departamentos envolvidos em cada projecto. Para além disso, cada departamento integra uma pessoa responsável por acompanhar os projectos internos, o Project Leader.

3.2 Bosch Termotecnologia

Sob a designação da Vulcano Termodomésticos SA, a Bosch Termotecnologia iniciou a sua actividade em Cacia, Aveiro, no ano de 1977, com base num contrato de licenciamento com a Robert Bosch para a transferência da Tecnologia utilizada pela empresa alemã no fabrico de esquentadores.

A qualidade dos aparelhos produzidos, a estratégia de vendas e assistência pós-venda permitiram-lhe uma rápida e sólida liderança no mercado nacional de esquentadores. Em 1988, a empresa foi adquirida pelo Grupo Bosch, que transferiu para Portugal competências e equipamentos, iniciando um processo de especialização dentro do Grupo. Líder do mercado europeu desde 1992, e terceiro produtor mundial de esquentadores, a Bosch Termotecnologia é hoje o centro de competência da Robert Bosch para este produto, competindo-lhe a concepção e o desenvolvimento de novos aparelhos bem como a sua produção e comercialização.

Beneficiando de sinergias no desenvolvimento de aparelhos de queima a gás, a BT iniciou em 1995 a produção de caldeiras murais a gás e em Março de 2007, iniciou a produção de painéis solares térmicos, possuindo actualmente uma carteira de clientes em cinquenta e cinco países por todo o mundo.

No final do ano de 2010 a BT tinha a colaboração de 1165 trabalhadores e um volume de facturação na ordem dos 233 milhões de euros.

Gama de produtos:

- Esquentadores
- Caldeiras
- Colectores solares
- CKD's
- BC (componentes extra, por exemplo, uma chaminé)
- Peças de substituição

3.2.1 Estrutura da Bosch Termotecnologia

A estrutura da BT é composta por três áreas principais: área financeira, área de vendas e área técnica. Este projecto decorre dentro da área técnica que controla todo o processo produtivo e que desenvolve actividades e projectos de optimização de processos. Dentro desta área encontram-se vários departamentos tais como Qualidade, Desenvolvimento, Logística, Gestão de Projectos, entre outros.

É dentro do departamento de Logística (LOG) que se integra o corrente projecto. O LOG é composto pelas seguintes actividades básicas: aquisição de material, movimentação ou transporte, armazenamento e entrega de produtos ao cliente ou a distribuidores.

É, também, o espaço empresarial responsável pelo planeamento do fluxo de materiais, armazenamento eficiente de matérias-primas, componentes para a produção,

materiais semi-acabados e produtos finais, bem como do fluxo de informação a eles relativo, visando as exigências dos clientes.

Este departamento divide-se, de uma forma resumida, em LOG1, responsável pela gestão de clientes; LOG2 responsável pelo *procurement* e planeamento da produção; LOG-int, responsável pelo aprovisionamento e transporte interno na produção; LOG3, que faz gestão de armazém e expedição; LOG9, elaboração e melhoria de processos logísticos e inovação tecnológica (IT) e LOGP que é responsável pela elaboração e implementação de projectos que dizem respeito à logística.

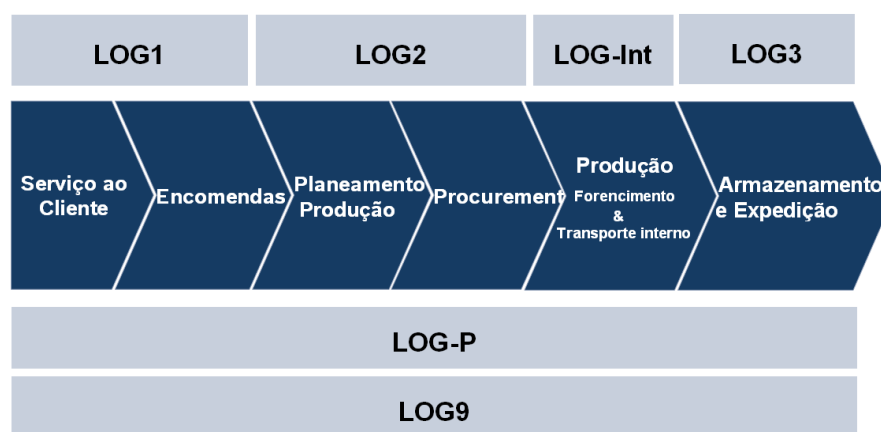


Figura 8 - Processos Logísticos BT

3.2.2 LOG2 - Planeamento e *Procurement*

Foi nesta área do departamento de logística que se realizou o projecto que é objecto de estudo deste relatório de projecto. Esta área é responsável pelo planeamento da produção de toda a gama dos produtos já referidos e pela encomenda de todos os componentes que não são produzidos internamente, necessários para esses produtos. O planeamento delineia a produção de cerca de 15000 peças/produtos, enquanto o *procurement* lida com a encomenda de aproximadamente 9500 diferentes componentes a 254 diferentes fornecedores.

Em todos os produtos, à excepção das peças de substituição, o cliente dá informações quanto à previsão da procura para um determinado período de tempo. Esta informação varia consoante o cliente e tipo de produto. A previsão é dada para que a produção dos produtos possa ser planeada antecipadamente e para que os planeadores possam fazer as encomendas dos componentes necessários.

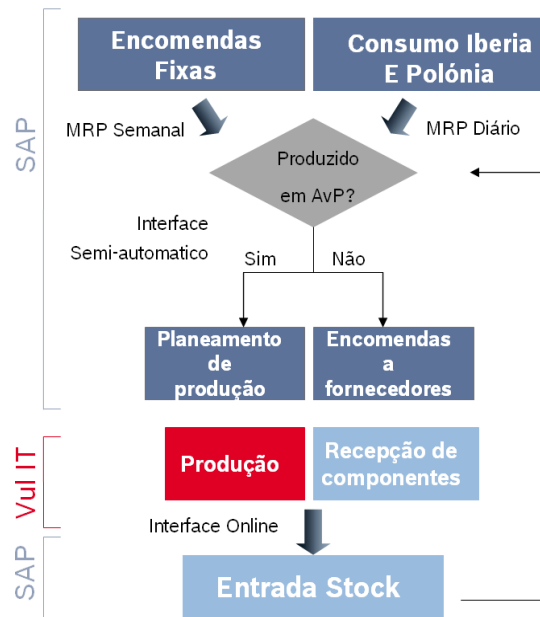


Figura 9 - Processo de planeamento e *procurement*

No caso das peças de substituição, esta informação da previsão da procura não é dada pelo cliente. Para o mercado ibérico, as encomendas dos clientes são diárias, para o resto da Europa e Austrália essas encomendas são feitas mensalmente, e para os restantes mercados as encomendas não seguem nenhum *standard*. De forma a fazer o planeamento antecipado e as encomendas dos componentes necessários, o sistema (SAP) faz a previsão da procura dessas peças. Esta previsão é feita mensalmente para um horizonte dos 6 meses seguintes, tem como base a média da procura das peças de substituição dos últimos 12 meses e define que a procura para cada um dos meses seguintes é igual a essa média.

Tal como descrito no capítulo anterior, algumas destas peças de substituição entram apenas em produtos que já foram descontinuados, isto é, que já não fazem parte da produção actual. O caso de estudo apresentado no próximo capítulo trata apenas destas peças de substituição, em que a BT tem definido garantir o seu fornecimento durante 15 anos após a data da última produção do produto onde entram as peças.

É importante também referir que os produtos da BT têm restrições muito específicas, no que concerne às reparações. As peças que não estejam em perfeito funcionamento nunca podem ser reparadas e são sempre substituídas por peças novas, daí que não existe o processo de reparação, só de substituição.

3.3 Projecto

3.3.1 Objectivos

Este projecto nasceu da necessidade em melhorar o nível de serviço ao cliente no que diz respeito às peças de substituição dos produtos descontinuados, isto é, em fim de vida. Para isso, será proposto o desenvolvimento de ferramentas de suporte ao processo de compra de materiais específicos (exclusivos) para peças de substituição, tendo como principais objectivos:

- Tornar o processo de *procurement*, para estes componentes, mais eficiente e transparente.
- Melhorar o nível de serviço das peças de substituição de produtos descontinuados.
- Garantir a disponibilidade de todos os componentes durante o período de responsabilidade.
- Reduzir o stock e stock obsoleto de peças de substituição e seus componentes.

3.3.2 Metodologias

O desenvolvimento do projecto está dividido em 5 fases, como consta na figura 9, onde são efectuadas diversas acções e utilizadas várias ferramentas:

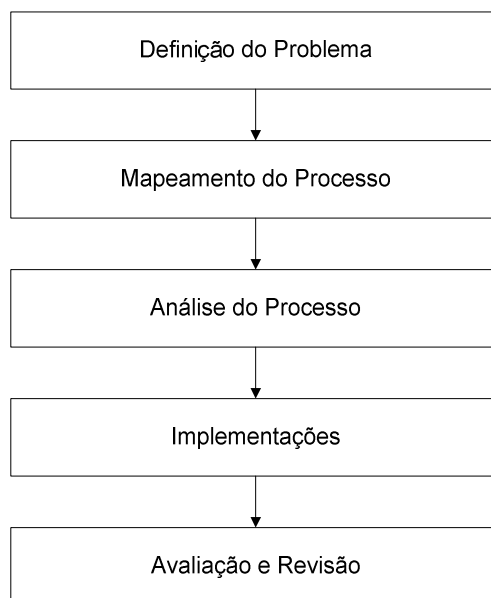


Figura 10 - 5 fases de desenvolvimento do projecto

Entre as acções e ferramentas, utilizadas para atingir os objectivos, temos:

- Desenho dos processos actuais relativos ao aprovisionamento de materiais específicos para a produção de peças de substituição;
- Definição de um processo para identificar e caracterizar peças de substituição e seus componentes de compra exclusivos de produtos descontinuados;
- Definição do método de previsão adequado à procura das peças de substituição de produtos descontinuados;
- Mapeamento dos processos e definição dos procedimentos necessários ao aprovisionamento de materiais de compra específicos para a produção de peças de substituição;
- Especificação do processo de controlo de stocks desses materiais;
- Indicadores de desempenho;
- Criação de procedimentos que permitem a transparência dos processos.

Esta figura mostra os vários problemas que surgem quando um cliente faz uma encomenda de uma peça de substituição exclusiva:

1. Não há stock da peça de substituição. Isto acontece porque, tipicamente, a procura deste tipo de peça é intermitente e baixa levando a que a previsão da procura esteja errada. Logo, aqui temos a falha para com o cliente.
2. No entanto, pode-se seguir uma ordem de produção que só será executada se existirem os componentes necessários para a produção da peça. Muitos componentes podem também ser exclusivos para peças de substituição e podem também não ter stock.
3. e 4. Por fim, muitas vezes, ao fazer o pedido ao fornecedor do componente, deparamo-nos com a falta do mesmo. Isto é, como estes componentes são de baixa rotação, não há contacto com os fornecedores, e estes podem já não existir ou podem não ter capacidade para produzir determinados componentes.

Estes problemas só são detectados quando é feita a encomenda de uma peça de substituição que mais tarde se identifica como exclusiva. Todas as acções que se possam tomar reagem apenas ao problema e não têm qualquer carácter preventivo. Essas acções passam por, no problema 1, dimensionar o número de peças a ter em stock; no problema 2, dimensionar o número de componentes a ter também em stock e, finalmente, no caso 3 e 4, em encontrar um fornecedor capaz de fornecer os componentes.

Ao desenhar a situação inicial concluiu-se também que, a não ser com análises pontuais, a BT não tinha as suas peças de substituição classificadas como exclusivas para peças de substituição (para produtos descontinuados) ou de produção corrente. Além disso, nem era possível ter a informação directa sobre que componentes eram exclusivos para cada peça de substituição, nem mesmo em que aparelhos essas peças de substituição podiam entrar. Por outro lado, não se sabia igualmente em que fase do ciclo da vida as diferentes peças estavam. Com o aumento do número de produtos que geram em média 1400 novas peças por ano, a análise pontual não tinha, muitas vezes, capacidade para responder adequadamente às necessidades, tornando-se muito complexo gerir todas as peças de substituição. O risco de ficar sem fornecedores de componentes ou de acumular muito stock e stock obsoleto é iminente, levando a grandes custos e ao maior problema de todos, a falha/atraso no serviço ao cliente.

Com o desenho da situação inicial e com as informações do ponto 3.2.2, existem condições para caracterizar as peças de substituição, que são objecto deste projecto, segundo as variáveis apresentadas no capítulo 2.1. A tabela seguinte resume a caracterização destas peças, de acordo com os parâmetros apresentados por Käkäi (2007), ilustrados na figura 3 deste relatório.

Tabela 3 - Variáveis que caracterizam as peças de substituição

Variáveis	Característica	Observações
Tipo de produto	Bens de consumo	Peças de substituição para bens de consumo
Ciclo de vida	Fase normal e fase final	Peças de substituição para produtos descontinuados
Duração do serviço pós venda	Determinístico	Até 15 anos após a data da última produção
Tipo de procura	Estocástico	Não está definida à partida, é aleatória
Reparação	Sem reparação	Peças que não permitem reparação, apenas substituição
Reordering	Possível	Encomendas diárias, mensais e esporádicas

4.2 Definição do ciclo de vida

Identificados os problemas e a linha condutora que poderá levar à resolução dos mesmos, foi então decidido, numa primeira fase, encontrar o ciclo de vida das peças e, para tal, ligar toda a estrutura do produto, caracterizando as peças de substituição como exclusivas. Assim, foi criada uma base de dados, com recurso ao Microsoft Access, que permitiu trabalhar toda a informação em conjunto, isto é, em vez de recolher e pontualmente ir cruzando a informação, todos os dados foram filtrados e integrados logo à partida. Esta base de dados permitiu fazer a ligação dos dois sistemas ERP que a BT utiliza. O sistema Vul IT, que tem a informação dos componentes de compra exclusivos e em que peças de substituição esses componentes entram, e o sistema SAP, que tem a informação sobre em que produtos essas peças de substituição entram e a data de fim de produção. Este último sistema permite também obter a informação quanto aos stocks existentes e quanto à procura das peças de substituição, desde meados de 2004.

Partiu-se da informação do sistema Vul IT, que contém os componentes caracterizados como EZRS, isto é, componentes exclusivos para peças de substituição de produtos descontinuados. Este sistema faz também a ligação destes componentes com as peças de produção. No entanto, essas peças de produção não são as peças de substituição finais, muitas vezes são apenas peças intermédias. Como representa a Figura 11, para ligar um componente exclusivo a uma peça de substituição final, será necessário fazer a sua ligação aos níveis intermédios.

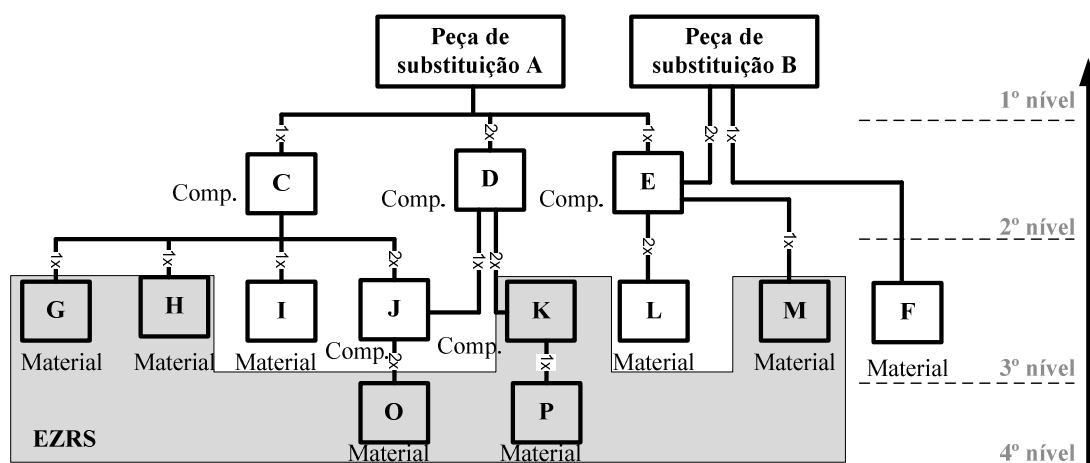


Figura 12 - Exemplo da estrutura dos produtos

Para obter a ligação de todas os materiais (componentes específicos) às peças de substituição finais, têm que ser feitas 8 iterações, pois, no caso da BT, existem estruturas de produto até esse nível. Ao fazer estas iterações, com a ajuda do Microsoft Access, foi possível obter a lista de componentes específicos e suas quantidades por peça de substituição. Mais uma vez é importante referir que não existia esta informação compilada desta forma. Apenas se fizesse uma pesquisa pontual por componente, que levava algum tempo e não se retirava a lista imediata dos componentes, é que se tinha acesso à informação. Então, após a construção desta base, obteve-se a lista exemplificada na tabela seguinte.

Tabela 4 - Exemplo de componentes em peças de substituição

Input	Output	Output
Componentes EZRS	Quantidade por Peça	Peças de substituição exclusivas
:	:	:
1904522735	1	87006090060
1904522735	10	19045224550
2910211001	10	29102110310
2910612417	10	29106124170
2910619420	1	87013091600
2910619420	1	87013034322
2910641128	1	87172061640
2910641128	2	87099188370
:	:	:

Com esta tabela surgiu a informação da quantidade de peças de substituição que são exclusivas para produtos descontinuados e quais os componentes que lhes pertencem.

Partindo então dos aproximados 1300 componentes exclusivos (pelo sistema Vul IT) concluiu-se que existem cerca de 1800 peças de substituição para produtos descontinuados. Existem mais peças de substituição do que componentes, uma vez que cada componente pode entrar em várias peças diferentes, tal como exemplificado na estrutura de produto da figura 11 como o material “M”, que faz parte do componente “E” que por sua vez entra na peça de substituição A e peças de substituição B.

Uma vez que, tanto estes componentes, como estas peças, não tinham a informação sobre a data até à qual teriam de ser fornecidos, foi necessário fazer a ligação das peças de substituição a todos os aparelhos com última data de produção. Isto foi feito no sistema SAP, colocando a lista de peças de substituição obtida anteriormente, que teve que ser transformada através da base de dados num formato compatível com o SAP, para se obter a informação desejada. A tabela que se segue exemplifica a informação que o sistema SAP forneceu.

Tabela 5 - Exemplo de peças de substituição em aparelhos com data de fim de produção

Input	Output	Output
Peças de substituição exclusivas	Aparelhos	Data fim de produção dos aparelhos
⋮	⋮	⋮
19045224550	7715330266	1993
19045224550	7715330267	1993
19045224550	7715430007	1994
29102110310	7713234940	2008
29102110310	7716010105	2007
87099188370	7716010106	2007
87099188370	7716242604	Sem data
⋮	⋮	⋮

Após esta consulta, como a BT tem definido o fornecimento de peças de substituição durante 15 anos após a data da última produção de cada produto (serviço pós venda), foi possível encontrar o fim do ciclo de vida da peça de substituição e dos seus componentes. Estas peças de substituição servem 6530 produtos finais (aparelhos). Consideremos então que a data fim do serviço pós venda, para uma determinada peça, será a data do aparelho cuja produção terminou mais recentemente, adicionando os 15 anos. Por exemplo, como mostra a tabela, a peça de substituição 29102110310 terá o seu fim de vida em 2023. Assim, através da base de dados, obteve-se informação exemplificada na tabela seguinte:

Tabela 6 - Exemplo da data fim do serviço pós venda das peças de substituição

Peças de substituição exclusivas	Data fim de produção do último aparelho	Data fim serviço pós venda	Quantos anos faltam para o fim?
⋮	⋮	⋮	⋮
19045224550	1994	2009	-2
29102110310	2008	2023	12
87099188370	Sem data	Sem data	Sem informação
⋮	⋮	⋮	⋮

Onde os números negativos representam os anos que passaram desde de que a BT já não tem a responsabilidade de fornecer estas peças de substituição e que analisaremos em maior detalhe no próximo subcapítulo.

Analogamente, a informação foi compilada para os componentes (material exclusivo) destas peças de substituição, isto é, obteve-se a data para a qual não serão mais necessários estes componentes, ligando toda a estrutura, desde a peça de substituição ao aparelho.

Tabela 7 - Exemplo da data fim do serviço pós venda dos componentes para peças de substituição

Componentes EZRS	Data fim de vida EZRS	Quantidade por Peça	Peças de substituição exclusivas	Data fim serviço pós venda PS
⋮		⋮	⋮	
1904522735	2009	1	87006090060	2008
1904522735	2009	10	19045224550	2009
2910211001	2023	10	29102110310	2023
2910619420	2022	1	87013091600	2020
2910619420	2022	1	87013034322	2022
2910641128	Sem data	1	87172061640	2018
2910641128	Sem data	2	87099188370	Sem data
⋮		⋮	⋮	

Como já referido, para as peças de substituição (PS), foi considerado que a data do fim de serviço é a data mais longínqua após a soma dos 15 anos de responsabilidade. Para os componentes (material exclusivo) foram consideradas as datas, entre as peças onde estes entram, mais recentes também, tal como ilustra a tabela 7. No entanto, aquando da organização desta informação na base de dados, verificou-se que existem aparelhos que

sabemos que já foram descontinuados, mas sem a indicação dessa data. Isto faz com que algumas peças e muitos componentes, como será apresentado em maior detalhe no subcapítulo seguinte, fiquem sem a informação sobre a sua data de fim de vida.

Porém, foi possível atribuir algumas datas de fim de vida, permitindo assim diminuir não só a complexidade do *procurement* e gestão de stocks de componentes específicos, mas também a complexidade do planeamento e gestão de stocks de peças de substituição exclusivas, uma vez que algumas destas já ultrapassaram a data de fim de vida, como por exemplo o componente 1904522735, e peças 87006090060 e 19045224550 da tabela 7.

Resumindo, através dos dois sistemas ERP da BT e da base de dados para os interligar, foi possível chegar à estrutura dos produtos e à data de fim de vida das peças e dos componentes que as compõem.

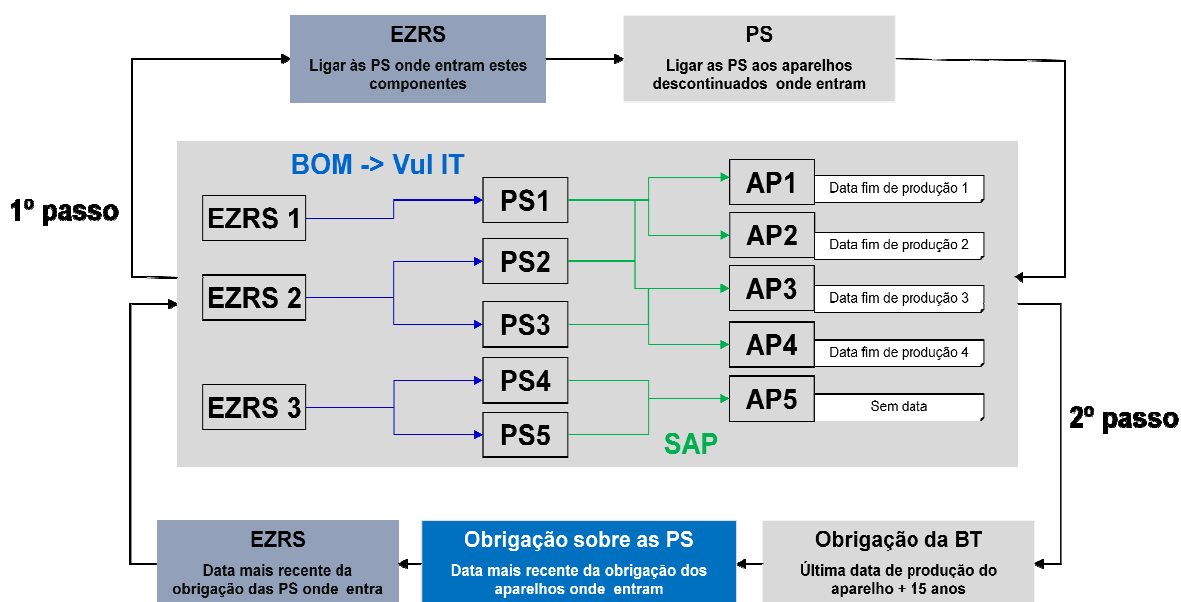


Figura 13 - Definição da estrutura do produto

Com toda esta informação estruturada, decidiu-se ainda acrescentar à base de dados a informação sobre o stock existente, tanto de peças de substituição exclusivas como dos seus componentes. Nos componentes, associou-se igualmente a informação sobre os fornecedores e, nas peças de substituição, a data da última encomenda realizada. A forma como essa informação foi compilada na base de dados está exemplificada nas tabelas seguintes.

Tabela 8 - Exemplo da caracterização das peças de substituição

Peças de substituição exclusivas	Anos até fim de vida	Stock (Unid)	Stock (€)	Data última encomenda
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19045224550	-2	10	30	29-12-2010
29102110310	12	65	165	15-10-2008
87099188370	Sem informação	134	1543	01-11-2010
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Nestes exemplos, podemos verificar que existem peças de substituição sobre as quais a BT já não tem responsabilidade de fornecer, mas que ainda tem stock (por exemplo, peça 19045224550). Existem outras situações em que já não existe procura há algum tempo, e ainda casos em que há procura recente mas não há informação sobre a data de fim de vida.

Tabela 9 - Exemplo da caracterização dos componentes específicos (EZRS)

EZRS	Anos até fim de vida	Stock (Unid)	Stock (€)	Fornecedor	Contrato
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8703406149	-2	46	202		
8703406168	-1	83	1053	69004	5500000209
8703406182	5	1524	481	657643	5500000073
8703406215	Sem data	149	12		
8703406224	12	400	620	657740	5500000082
8703406235	Sem data	200	133	657643	5500000073
8703406237	Sem data	0	0	634445	5500000332
8703406237				657643	5500000332
8703407017	-6	0	0		
8704401024	9	15	30		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Quanto aos componentes, após se compilar a informação que os permite caracterizar, constata-se que, tal como nas peças, há stock de componentes para peças sobre as quais a BT já não tem responsabilidade de fornecer e outras peças sobre as quais a BT tem responsabilidade mas para as quais não tem fornecedor. Com esta caracterização foi também possível verificar que os componentes específicos têm 148 fornecedores atribuídos e que, em alguns casos, podem ter mais que um fornecedor.

Com os componentes e peças de substituição caracterizados e ligados à informação mais pertinente, podemos então fazer algumas análises e definir algumas acções no sentido de melhorar o nível de serviço ao cliente e melhorar a gestão de stock destes componentes específicos.

4.3 Análises

Para perceber a importância que os componentes para peças de substituição exclusivas têm no stock de componentes de compra, exclusivos ou não, foi feita a sua comparação a nível de stocks. A informação relativa aos componentes para peças de substituição exclusivas foi retirada da base de dados criada, enquanto a restante informação foi retirada do sistema SAP. Todos estes valores foram retirados em Janeiro de 2011 e não são estáticos, isto é, vão-se alterando todos os dias. No entanto permite-nos ter uma noção da situação geral.



Gráfico 2 - Distribuição percentual do capital em stock e do nº de referências de componentes de compra

Como se pode verificar, aproximadamente 9% do capital em stocks de componentes de compra que a BT tem refere-se a componentes para peças de substituição exclusivas, enquanto que, no universo das 9500 referências de compra, 14% são para peças exclusivas. Isto demonstra que os componentes exclusivos têm um grande peso no stock de componentes e na gestão do *procurement*, principalmente se tivermos em conta que, tal como afirmado por alguns autores anteriormente citados, a procura das peças de substituição onde estes componentes entram são tipicamente irregulares.

A informação que derivou da construção da base de dados permitiu a caracterização das peças de substituição de produtos descontinuados e seus componentes. Algumas destas características, nomeadamente os “Anos até fim de vida”, permitem a divisão destas peças e componentes em três grandes grupos: um primeiro grupo sobre o qual a BT já não tem responsabilidade, componentes e peças classificados como “Anos até fim de vida” negativos; um segundo grupo, em que a BT ainda tem responsabilidade de garantir peças e

componentes durante 0 a 15 anos; e um terceiro grupo caracterizado pela falta da data de fim de vida.

Os gráficos seguintes representam o número dessas peças e componentes (referências) em cada situação grupo, subdividindo, porém, o grupo do período de responsabilidade de 0 a 15 anos em 4 subgrupos.



Gráfico 3 - Peças de substituição exclusivas

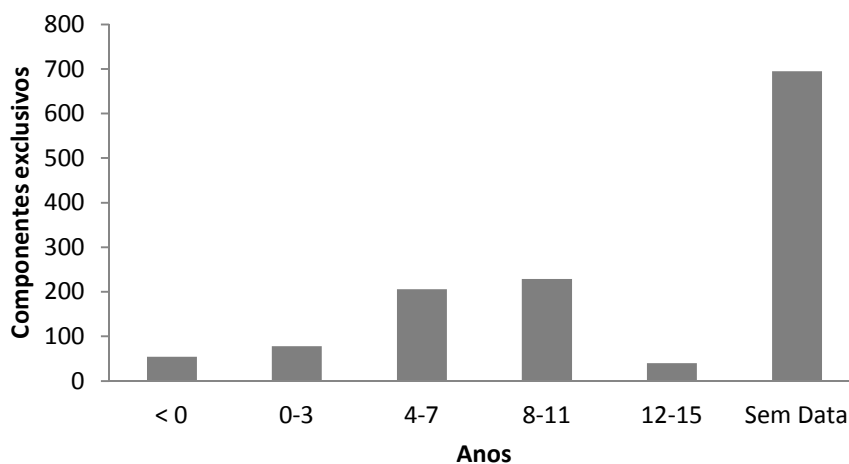


Gráfico 4 - Componentes exclusivos das peças de substituição exclusivas

Os valores são mais ou menos proporcionais entre os componentes e peças de substituição exclusivas, isto porque existem muitas peças com componentes comuns. Verifica-se também que em ambos os gráficos 50% das referências estão sem data de fim de vida.

Para completar o diagnóstico destes componentes, quantificou-se o número de referências que não têm fornecedores atribuídos.

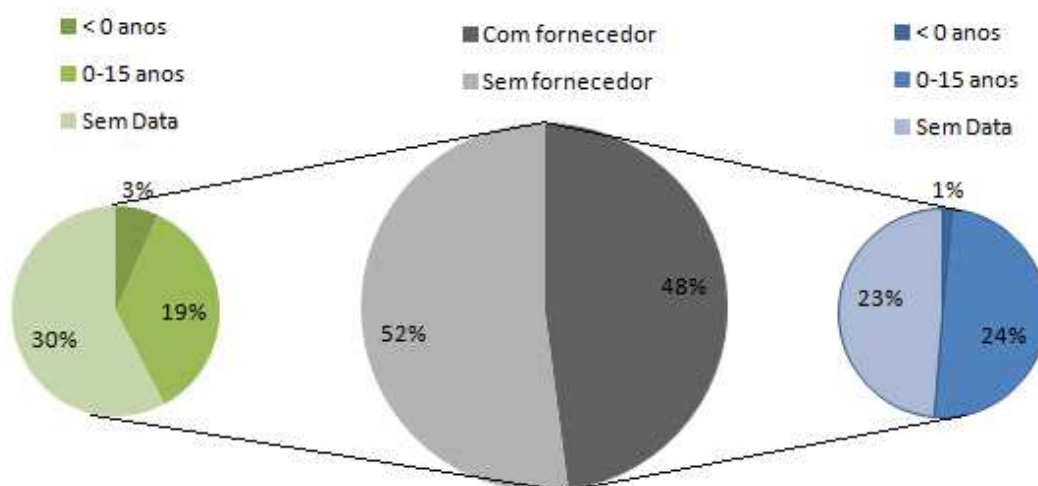


Gráfico 5 - Componentes com e sem fornecedor atribuído

Neste gráfico podemos verificar que, dos 1300 diferentes componentes exclusivos para peças de substituição, cerca de metade não têm fornecedor atribuído.

Nos subcapítulos seguintes serão apresentadas as estratégias e ferramentas utilizadas em cada um dos três grupos anteriormente expostos. No primeiro grupo define-se uma estratégia para o stock de componentes e peças exclusivas sobre os quais a BT já não tem responsabilidade (“< 0 anos”). Um segundo subcapítulo fará uma análise mais detalhada quanto às procuras (entre 0 e 15 anos) e estratégias na definição de fornecedores, e um terceiro grupo tratará das peças sem data de fim de vida.

4.3.1 – Peças fora do período de responsabilidade

Com as peças de substituição e componentes específicos caracterizados com a data de responsabilidade, foi possível identificar as peças que a BT já não tem o dever de fornecer (“<0” do gráfico 3 e 4) . Existem algumas destas peças e seus componentes específicos em stock e será necessário criar um procedimento para eliminar este stock e os seus locais, em armazém. No entanto, este stock pode ainda ser uma fonte de receita, não só na venda da sua “sucata” mas também como peça de substituição. Isto é, a BT poderá fazer a oferta aos seus clientes de última encomenda de peças de substituição. Até então, como as peças não estavam caracterizadas com a informação sobre quando iria terminar a responsabilidade da BT, os clientes faziam um pedido da peça e caso não existisse em stock e já não fosse da responsabilidade da BT, (após análise pontual), não era considerada falha no nível de serviço ao cliente. Agora, com a informação da data de fim de vida, a BT pode avisar os clientes com antecedência que vai deixar de fornecer determinada peça após determinada data e dar-lhe a hipótese de efectuar uma última encomenda. No caso das peças que já passaram a data de responsabilidade, em que os clientes não foram avisados, será feita a mesma oferta de última encomenda, onde as peças não encomendadas e componentes específicos não utilizados serão enviados para a sucata. No caso de não

existirem componentes ou peças suficientes para satisfazer as encomendas, será feita uma última encomenda ao fornecedor dos componentes com a quantidade definida pela encomenda realizada, sem risco de criar mais excessos. Fez-se então um procedimento que se baseia no seguinte fluxograma:

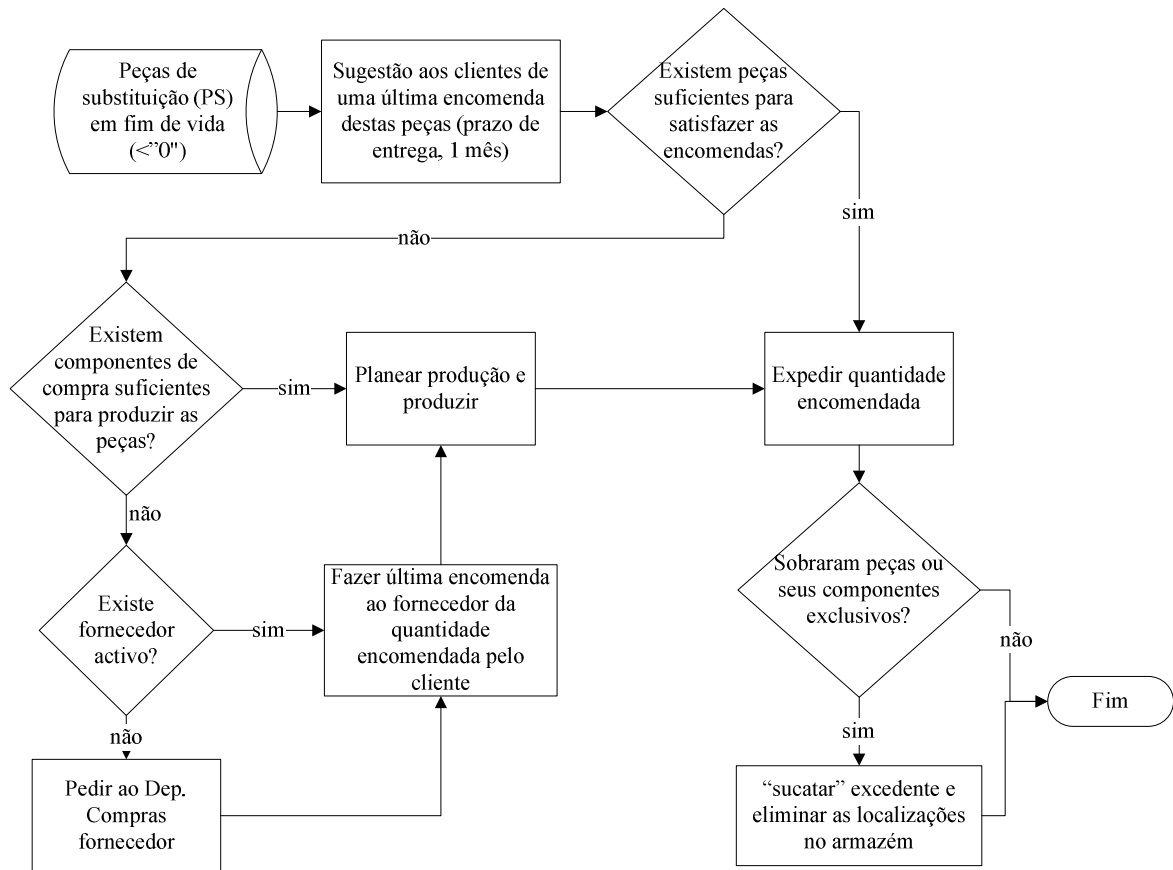


Figura 14 - Fluxograma do procedimento a ter em relação às peças e componentes em fim de vida

Este procedimento permite eliminar o stock obsoleto, tanto de peças de substituição como os seus componentes exclusivos, uma vez que existe uma ligação directa (determinística) entre estes. Além disso, permite também eliminar o local que estava destinado para estas peças e componentes em armazém, podendo esse local ser utilizado para outros componentes. Por fim, e acima de tudo, garante a satisfação (nível de serviço) do cliente, uma vez que este fica avisado do fim de vida das peças de substituição, mas tem a hipótese de fazer uma última encomenda, encomenda essa que é proposta pelo cliente, garantindo as quantidades certas e com *lead time* de aproximadamente um mês.

Ficou igualmente definido que este procedimento será seguido e executado no início de cada ano, tratando as peças de substituição que terminaram o seu ciclo de vida no ano anterior.

4.3.2 – Peças de substituição de produtos descontinuados sem data

Ao fazer a organização das peças de substituição e a sua ligação com os produtos finais (aparelhos), detectou-se que, no sistema SAP, alguns desses produtos não tinham o registo da data em que foram descontinuados (figura 14).

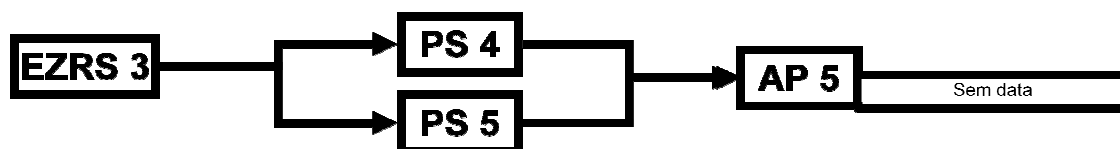


Figura 15 - Estrutura do produto de aparelhos sem data

Existem cerca de 2000 produtos nesta situação, que afectam cerca de 900 peças de substituição exclusivas e 700 dos componentes (materiais), não deixando que fiquem caracterizados com a data do fim de vida. A falta desta informação faz com que não se saiba se há mais peças e componentes que estejam fora da responsabilidade da BT que, por ventura, poderiam levar à eliminação de stock obsoleto e à diminuição da complexidade do processo de *procurement* e planeamento. No entanto, a responsabilidade de encontrar e colocar as datas em falta no sistema pertence a um outro departamento que não a logística. Este é um processo bastante manual e moroso, em que para encontrar e colocar a data de última produção se demora cerca de 15 minutos, multiplicando pelas datas em falta demoraria cerca de 2 meses num horário normal de trabalho inteiramente dedicado a esta tarefa. Como tal não é possível, atribuíram-se prioridades, através de alguns critérios de escolha, com o objectivo de obter resultados significativos com a pouca informação.

O primeiro critério para escolher as primeiras referências de produtos (aparelhos) a serem analisadas foi a falta de stock, isto é, filtram-se as peças de substituição que não têm a data fim de vida associada, sem stock e com pelo menos um componente associado igualmente sem stock. Este critério foi escolhido no sentido de eliminar logo um dos primeiros problemas identificados e ilustrados na figura 10. Assim, antes de o cliente fazer um pedido, que pode levar a uma eventual falha no serviço, podemos identificar as peças fora de responsabilidade e correr o procedimento descrito no fluxograma ilustrado na figura 13. No caso de existir stock, mesmo que não seja o suficiente, não temos a falha total no serviço. Então, após o referido critério, temos das 900 peças sem data fim associada, cerca de 180 sem stock, as quais entram em 1000 aparelhos sem data de fim de produção. Com isto, passamos da análise de 2000 aparelhos sem data da última produção para a análise de metade desses aparelhos.

Num segundo critério, alocando o número de aparelhos onde as 180 peças de substituição sem stock entram, concluiu-se que, com a informação da data de última produção de apenas 20% dos aparelhos analisados foi possível atribuir a data de fim de vida a 87% das peças. Isto é, como existem peças que entram em vários aparelhos, é difícil encontrar a data fim de vida, uma vez que seria necessária a informação de todos os

aparelhos. Quando estas peças têm apenas um aparelho associado, só é necessária a informação sobre o mesmo, encontrando-se a data de fim de vida com muito mais facilidade. Com estes critérios conseguimos categorizar os aparelhos como A, B ou C por respectiva ordem decrescente de impacto, na atribuição da data final das peças de substituição sem data de fim de vida. Tal como demonstrado na curva ABC do gráfico seguinte:

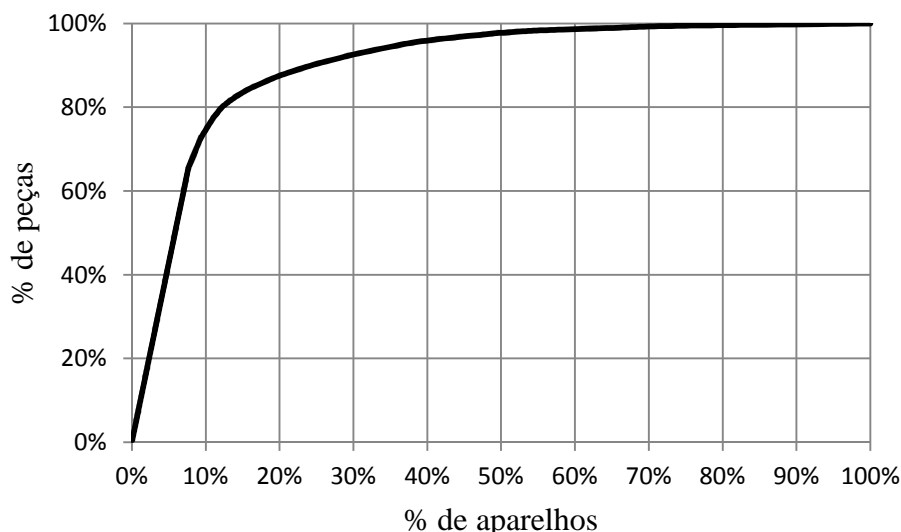


Gráfico 6 - Aparelhos por peça, curva ABC.

Esta análise também pode ser feita, não tendo em conta a existência de stock das peças de substituição, mas sim, a sua totalidade. O resultado é muito semelhante a nível de percentagens, no entanto, as peças A, são as que com mais facilidade terão informação sobre a data de última produção, mas não são necessariamente as mais importantes para o nível de serviço ao cliente ou para a gestão de stocks.

Contudo, utilizando os critérios descritos de forma cíclica, à medida que se colocarem as datas, a base de dados será actualizada e as peças de substituição e seus componentes exclusivos serão caracterizados e tratados como peças dentro do período de responsabilidade ou como peças já fora desse período. Enquanto não existir essa caracterização, o planeamento das peças de substituição planeadas e o processo de *procurement* dos seus componentes específicos será feito com base na solução apresentada no subcapítulo que se segue.

4.3.3 – Previsões

Como foi anteriormente apresentado, após a caracterização das peças de substituição e a análise dos dados, foi possível estabelecer determinados procedimentos, tanto para eliminar stocks, como para encontrar a informação em falta o mais rapidamente possível. No entanto, para os produtos dentro do período de responsabilidade da BT, terão que se definir e melhorar alguns processos, como por exemplo o *procurement*. Tal como já

foi descrito, o propósito do *procurement* é encomendar uma quantidade inicial de componentes para peças de substituição e restabelecer o stock sempre que necessário. Uma vez que os clientes querem os seus produtos mais rapidamente do que o tempo que eles demoram a fazer e a entregar, é necessário recorrer a métodos de previsão para não existirem falhas no nível de serviço nem stocks exagerados, levando a um grande empate de capital. Esta aposta nos métodos de previsão foi já referida no gráfico 2, onde os autores sugerem a previsão da procura como a melhor estratégia para melhorar a gestão das peças de substituição.

Como referido, na BT, os clientes não dão os valores previstos de encomenda de peças de substituição, como fazem para outro tipo de produtos. Então, a BT faz a própria previsão da procura para os 6 meses seguintes, com base na média da procura anterior. Essa previsão permite definir a quantidade de peças que serão necessárias e assim correr os processos de planeamento de produção e *procurement* antecipadamente. No entanto, não havia diferenciação quanto a peças de substituição para produtos descontinuados ou não, nem diferenciação quanto aos componentes, como específicos ou não específicos. Isto é, não era possível atribuir a fase do ciclo de vida a cada peça. Com a construção da base de dados, foi possível separar estas peças, e seus componentes, das restantes peças que ainda entram em produtos não descontinuados. Foi também possível ligar cada peça aos seus componentes específicos e definir assim as quantidades de componentes específicos por peça.

Para o processo de *procurement* é importante referir que a quantidade de componentes que cada peça de substituição tem um valor conhecido. Daí que, com o valor da previsão das peças de substituição necessárias, temos directamente a quantidade de componentes de compra necessários. Com esta informação será possível definir o nível de stock necessário para cada peça de substituição, representado na posição 1 da figura 10, e o nível de stock para cada componente específico, representado na posição 2 da figura 10. Esse nível de stock será planeado com base na previsão, tal como a encomenda de componentes necessários para a sua produção.

No caso de não existirem peças, será possível efectuar o planeamento da sua produção e no caso de não existirem componentes suficientes será possível determinar a quantidade a encomendar ao fornecedor. Este terá previamente a informação das previsões de consumo da BT podendo ter uma resposta mais rápida ao pedido de encomenda real.

Havendo falta de fornecedor, será possível dar uma estimativa ao departamento de compras sobre a quantidade que poderá vir a ser encomendada, para que este possa negociar com um novo fornecedor os termos do contrato. Para o departamento de compras, a informação sobre o fim da responsabilidade sobre uma peça de substituição poderá também determinar o tipo de contrato com o fornecedor.

A proposta deste documento é então, caracterizar as peças de substituição em fim de vida, de acordo com o seu histórico de consumo, em peças com uma procura do tipo, *slow moving*, *intermittent*, *erratic* e *lumpy*. Segundo a bibliografia apresentada, com esta caracterização será possível aplicar o método de previsão mais adequado a cada tipo de peça.

No enquadramento teórico deste documento foi também descrito um modelo apresentado por Hong et al. (2005). No entanto, este modelo não será aplicado neste caso prático. Para a sua aplicação, seriam necessárias variáveis como o número de vendas do produto, a probabilidade do cliente se desfazer do produto, a taxa de falha das peças de substituição e a probabilidade de substituição da peça que falhou. Esta informação não existe na BT. Sendo assim, teria que ser estimada, o que teria os seus erros associados e seria muito mais trabalhoso do que os modelos de previsão estatística apresentados.

De seguida, será apresentada a caracterização das peças de substituição e os métodos de previsão utilizados, para estimar a procura destas, comparando também os erros de previsão.

O primeiro passo foi caracterizar as peças de acordo com a sua média de intervalo de tempo entre procuras (ADI) e coeficiente da quantidade consumida (CV^2). Depois foi aplicado o método de previsão adequado, que no caso de peças com procura do tipo *slow moving* foi o método de Croston e no caso das peças com procura do tipo *intermittent, erratic* e *lumpy* foi o modelo SBA (*Syntetos-Boylan Approximation*). Foi feita também a comparação com o método actual, média, e a comparação dos erros através do EQM (erro quadrático médio) e do EMPA (erro médio percentual absoluto).

Entre as diferentes peças de substituição exclusivas para produtos descontinuados da BT, foram escolhidas, aleatoriamente, 3 peças que pretendem ilustrar essa caracterização e os métodos de previsão. O período analisado vai desde a data em que existe informação registada, de Agosto de 2004, até Janeiro de 2011, data até à qual foram recolhidos os dados. Uma vez que a maior parte das encomendas são mensais, a análise foi feita, considerando como unidade de tempo um mês. Assim sendo, na tabela seguinte está representada a procura dessas 3 peças durante esse período de tempo, as respectivas médias de intervalo de tempo entre procuras (ADI) e os respectivos coeficientes da quantidade consumida (CV^2).

Tabela 10 - Ilustração da procura de diferentes peças, ADI e CV

	Procura		
DATA	Peça 1	Peça 2	Peça 3
Ago-04	0	4	0
Set-04	0	14	25
Out-04	90	19	0
Nov-04	200	5	100
Dez-04	170	10	25
Jan-05	60	25	20
Fev-05	0	56	0
Mar-05	150	22	1
Abr-05	70	87	0
Mai-05	270	35	0
Jun-05	220	8	25
Jul-05	0	41	10
Ago-05	0	9	0
Set-05	0	11	55
Out-05	130	3	63
Nov-05	0	16	0
Dez-05	120	9	15
Jan-06	198	9	20
Fev-06	322	34	0
Mar-06	110	47	0
Abr-06	0	34	30
Mai-06	0	12	0
Jun-06	140	33	20
Jul-06	0	70	25
Ago-06	100	15	0
Set-06	0	3	22
Out-06	110	35	10
Nov-06	250	27	0
Dez-06	0	40	1
Jan-07	150	44	17
Fev-07	50	19	10
Mar-07	0	32	8
Abr-07	0	9	6
Mai-07	160	19	2
Jun-07	0	34	0
Jul-07	0	13	0
Ago-07	0	13	0
Set-07	120	11	34
Out-07	100	19	9
Nov-07	0	32	36

	Procura		
DATA	Peça 1	Peça 2	Peça 3
Dez-07	180	43	25
Jan-08	90	31	0
Fev-08	160	72	0
Mar-08	160	26	0
Abr-08	0	28	0
Mai-08	90	26	0
Jun-08	150	24	0
Jul-08	0	23	2
Ago-08	0	10	0
Set-08	240	18	4
Out-08	0	28	2
Nov-08	210	24	0
Dez-08	0	27	6
Jan-09	170	45	0
Fev-09	0	28	6
Mar-09	100	44	40
Abr-09	0	19	2
Mai-09	130	22	1
Jun-09	0	48	6
Jul-09	90	52	4
Ago-09	0	14	0
Set-09	0	23	1
Out-09	0	44	20
Nov-09	290	27	14
Dez-09	0	46	1
Jan-10	230	69	0
Fev-10	0	45	9
Mar-10	0	62	5
Abr-10	0	51	0
Mai-10	90	34	1
Jun-10	0	16	0
Jul-10	150	37	5
Ago-10	90	35	7
Set-10	0	43	4
Out-10	160	32	0
Nov-10	0	29	32
Dez-10	0	73	19
Jan-11	140	20	0
ADI	2,35	1	1,94
CV²	1,25	0,37	2,7

Para uma análise mais visual, é apresentado também um gráfico que ilustra a procura destas peças de substituição ao longo do tempo.

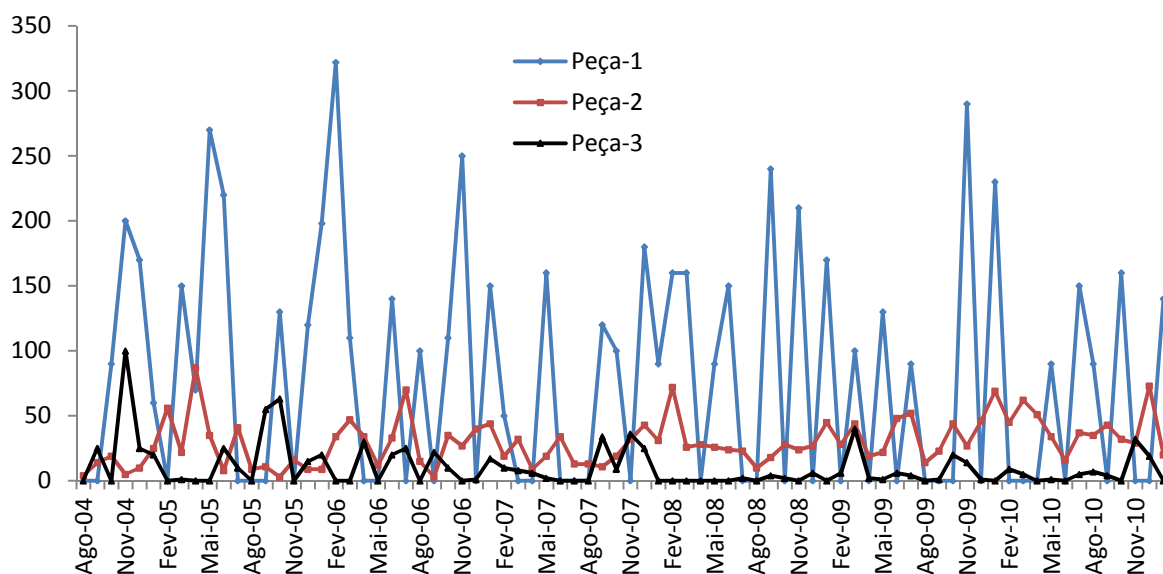


Gráfico 7 - Gráfico cronológico da procura das 3 peças de substituição analisadas

Estas 3 peças, como podemos verificar através da tabela e do gráfico, têm um comportamento irregular e bastantes valores da procura iguais a zero. Essa característica é confirmada pelos respectivos valores das médias de intervalo de tempo entre procuras (ADI) e coeficientes da quantidade consumida (CV^2). De acordo com a caracterização de Syanetos et al. (2005) representada na figura 4, podemos caracterizar as peças de substituição 1 e 3, como tendo um tipo de procura *Lumpy*, isto é, longos períodos de tempo iguais a zero e grande variação na procura. Relativamente à peça 2, podemos caracterizar a sua procura como *Slow Moving*, isto é, com procura esporádica mas com uma quantidade da procura não muito variada.

Sendo assim, para as peças 1 e 3 será aplicado o modelo de previsão SBA e para a peça 2 o modelo de previsão de Croston. Estes modelos carecem de um coeficiente de amortecimento, que varia entre 0 e 1. Assim, numa primeira abordagem, será atribuído o valor de 0,1 a este coeficiente, mas este sofrerá um ajuste através da função solver do Microsoft Excel. Os modelos carecem também de um valor de iniciação, tanto para a procura como para o tempo entre procuras. Neste caso, será considerado o primeiro valor real da série.

Assim, para determinar a previsão da peça 1, foi utilizado o método SBA através das fórmulas, 5, 6, 7, 8 e 10, onde se obtiveram os seguintes resultados:

Tabela 11 - Previsão da procura da peça 1

DATA	X_t	Z_t	P_t	F_{t+1}	DATA	X_t	Z_t	P_t	F_{t+1}
Ago-04	0				Nov-07	0	136	1,80	72
Set-04	0				Dez-07	180	140	1,82	73
Out-04	90				Jan-08	90	135	1,74	74
Nov-04	200	90			Fev-08	160	137	1,67	78
Dez-04	170	98	1,00		Mar-08	160	140	1,60	83
Jan-05	60	94	1,00	93	Abr-08	0	140	1,60	83
Fev-05	0	94	1,00	90	Mai-08	90	135	1,64	78
Mar-05	150	100	1,10	86	Jun-08	150	136	1,58	82
Abr-05	70	97	1,09	84	Jul-08	0	136	1,58	82
Mai-05	270	114	1,08	100	Ago-08	0	136	1,58	82
Jun-05	220	124	1,07	110	Set-08	240	147	1,72	81
Jul-05	0	124	1,07	110	Out-08	0	147	1,72	81
Ago-05	0	124	1,07	110	Nov-08	210	153	1,75	83
Set-05	0	124	1,07	110	Dez-08	0	153	1,75	83
Out-05	130	125	1,36	87	Jan-09	170	154	1,77	83
Nov-05	0	125	1,36	87	Fev-09	0	154	1,77	83
Dez-05	120	124	1,42	83	Mar-09	100	149	1,79	79
Jan-06	198	132	1,38	91	Abr-09	0	149	1,79	79
Fev-06	322	150	1,34	106	Mai-09	130	147	1,81	77
Mar-06	110	146	1,31	106	Jun-09	0	147	1,81	77
Abr-06	0	146	1,31	106	Jul-09	90	142	1,83	73
Mai-06	0	146	1,31	106	Ago-09	0	142	1,83	73
Jun-06	140	146	1,48	94	Set-09	0	142	1,83	73
Jul-06	0	146	1,48	94	Out-09	0	142	1,83	73
Ago-06	100	141	1,53	88	Nov-09	290	156	2,05	73
Set-06	0	141	1,53	88	Dez-09	0	156	2,05	73
Out-06	110	138	1,58	83	Jan-10	230	163	2,04	76
Nov-06	250	149	1,52	93	Fev-10	0	163	2,04	76
Dez-06	0	149	1,52	93	Mar-10	0	163	2,04	76
Jan-07	150	149	1,57	91	Abr-10	0	163	2,04	76
Fev-07	50	140	1,51	88	Mai-10	90	156	2,23	66
Mar-07	0	140	1,51	88	Jun-10	0	156	2,23	66
Abr-07	0	140	1,51	88	Jul-10	150	156	2,21	67
Mai-07	160	142	1,66	81	Ago-10	90	149	2,09	68
Jun-07	0	142	1,66	81	Set-10	0	149	2,09	68
Jul-07	0	142	1,66	81	Out-10	160	150	2,08	69
Ago-07	0	142	1,66	81	Nov-10	0	150	2,08	69
Set-07	120	139	1,89	70	Dez-10	0	150	2,08	69
Out-07	100	136	1,80	72	Jan-11	140	149	2,17	65

*- valores calculados com um $\alpha = 0,1$

No gráfico seguinte está representada a previsão para o instante $t+1$, descrita na tabela 11 por, F_{t+1} . Este gráfico revela também o valor da procura real e o valor utilizado pela BT até então como previsão, a média do histórico da procura.

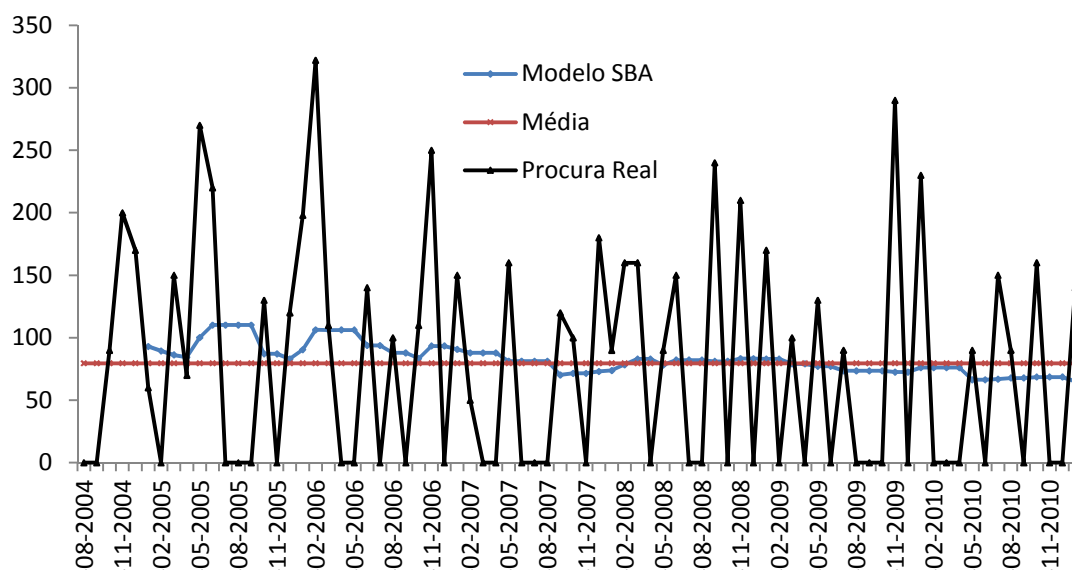


Gráfico 8 - Gráfico da previsão da procura da peça 1

Nesta peça 1, utilizando o modelo de previsão da procura SBA, o valor do coeficiente de amortecimento com um EQM mais baixo foi $\alpha = 0,1$. Para este coeficiente temos então:

- EQM = 7886
- EMPA = 43%

Para uma previsão que utiliza apenas o valor da média da procura, que para esta peça é 80, temos:

- EQM = 7810
- EMPA = 42%

Apesar da diferença não ser muito elevada, o valor da média tem uma previsão mais exacta.

Na peça 2 foi feita uma análise análoga, mas desta vez, e por indicação da caracterização segundo Syntetos et al. (2005), foi utilizado o método de Croston, onde se obteve:

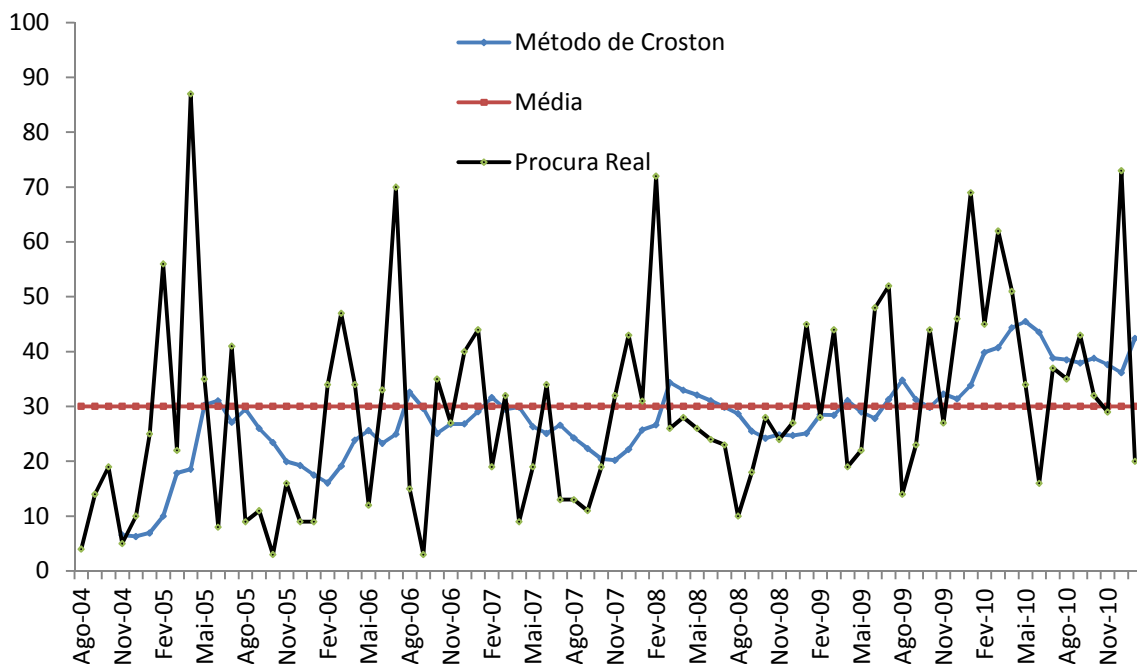


Gráfico 9 - Gráfico da previsão da procura da peça 2

Nesta peça, utilizando o método de previsão da procura de Croston, o valor do coeficiente de amortecimento com um EQM mais baixo será $\alpha = 0,17$. Para este coeficiente temos então:

- EQM = 346
- EMPA = 76%

Para uma previsão que utiliza apenas o valor da média da procura, que para esta peça é 30, temos:

- EQM = 322
- EMPA = 96%

Apesar de a diferença não ser muito elevada, o valor da média, quanto ao erro quadrático médio, tem uma previsão mais exacta do que o método de Croston. No entanto, quando o erro associado à procura é medido pelo erro médio percentual absoluto (EMPA), o método de Croston parece ser mais preciso. Esta situação poderá ocorrer, uma vez que a procura desta peça de substituição, apesar de bastante irregular, não tem períodos de procura iguais a zero.

Por fim, na peça 3 foi feita a mesma análise relativa às outras peças, utilizando mais uma vez o modelo SBA, onde se obteve:

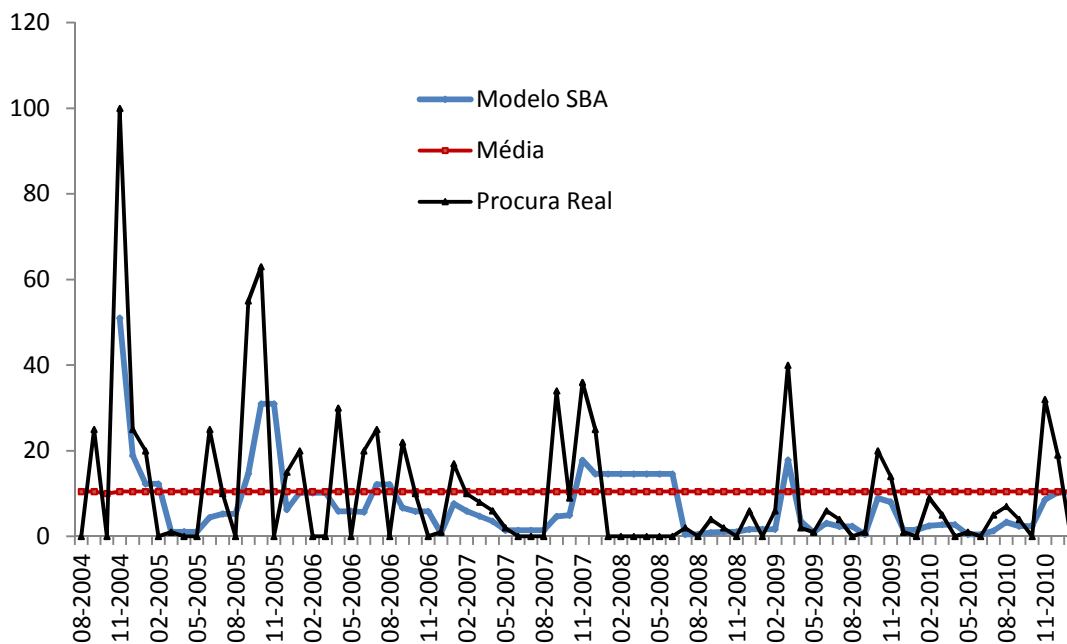


Gráfico 10 - Gráfico da previsão da procura da peça 3

Nesta peça, utilizando o modelo de previsão da procura SBA, o valor do coeficiente de amortecimento com um EQM mais baixo será $\alpha = 0,15$. Para este coeficiente temos então:

- EQM = 206
- EMPA = 202%

Para uma previsão que utiliza apenas o valor da média da procura, que para esta peça é 80, temos:

- EQM = 280
- EMPA = 203%

Neste caso, apesar de a diferença não ser muito elevada, o valor da previsão através do modelo SBA é mais exacto.

Resumindo, os modelos de previsão apresentados têm erros de previsão significativos. No entanto, estes não diferem muito dos erros da previsão feita apenas através da média. Isto poderá significar que, em muitos casos, a aplicação de um modelo de previsão simples, que tenha apenas em conta a média da procura, poderá levar aos mesmos resultados que outros métodos mais avançados.

No caso de estudo apresentado, os métodos de previsão servirão para definir o nível de stock a manter, e dar um apoio ao planeamento da produção e ao processo de *procurement*, principalmente quando não existe fornecedor atribuído.

Como já referido, tendo então uma previsão da procura das peças, tem-se directamente a previsão da necessidade de componentes, por exemplo:

Tabela 12 - Exemplo da previsão de procura de componentes por peça

Peças de substituição exclusivas	Previsão da procura de PS para período t	Quantidade de componentes nas peças	Componentes EZRS	Previsão da procura de EZRS para período t
Peça 1	20	12	Comp. 13	240
Peça 1	20	10	Comp. 22	200
Peça 2	65	13	Comp.322	845
Peça 3	8	10	Comp. 13	80

Tabela 13 - Exemplo da previsão total da procura de componentes

Componentes EZRS	Total da previsão da procura de EZRS para período t
Comp. 13	$240 + 80 = 320$
Comp. 22	200
Comp.322	845

Assim, será possível definir a necessidade prevista dos componentes por peça e a necessidade total. Esta previsão irá auxiliar em muito o processo de *procurement*, uma vez que, consoante a fase do ciclo de vida das peças de substituição, se poderão tomar decisões sustentadas. Por exemplo, no caso de uma peça cujo ciclo de vida esteja perto do final, pode-se estimar se o stock existente é suficiente ou não para as necessidades previstas. Caso não o seja, haverá um valor de referência para uma encomenda ao fornecedor.

No entanto, no processo de *procurement* é necessário ter atenção não só aos componentes que não têm fornecedor atribuído, mas também aos fornecedores dos componentes com pouca rotação. Muitas vezes, e por não se fazerem encomendas periódicas, os fornecedores podem não ser capazes de fornecer os componentes necessários. Para salvaguardar a falta de fornecedor ou a falta de capacidade para fornecer componentes foi definido um processo, que se baseia no fluxograma seguinte, figura 15.

Um dos pontos fundamentais neste procedimento é precisamente a estimativa da quantidade necessária de peças para um determinado intervalo de tempo. Outro ponto fundamental é a criação da lista de prioridades para o departamento de compras. Mais uma vez, a quantidade de componentes sem fornecedor atribuído é bastante superior ao desejado. Assim sendo, o departamento de compras não tem capacidade para atribuir um fornecedor tão rapidamente como seria pretendido, daí que cabe ao departamento de logística indicar os componentes mais críticos. Para tal, a base de dados criada calcula automaticamente essa lista de prioridades, em que os critérios principais são: a falta de fornecedor atribuído, a falta de stock de componentes e das peças de substituição onde estes entram e um histórico com procura recente associado.

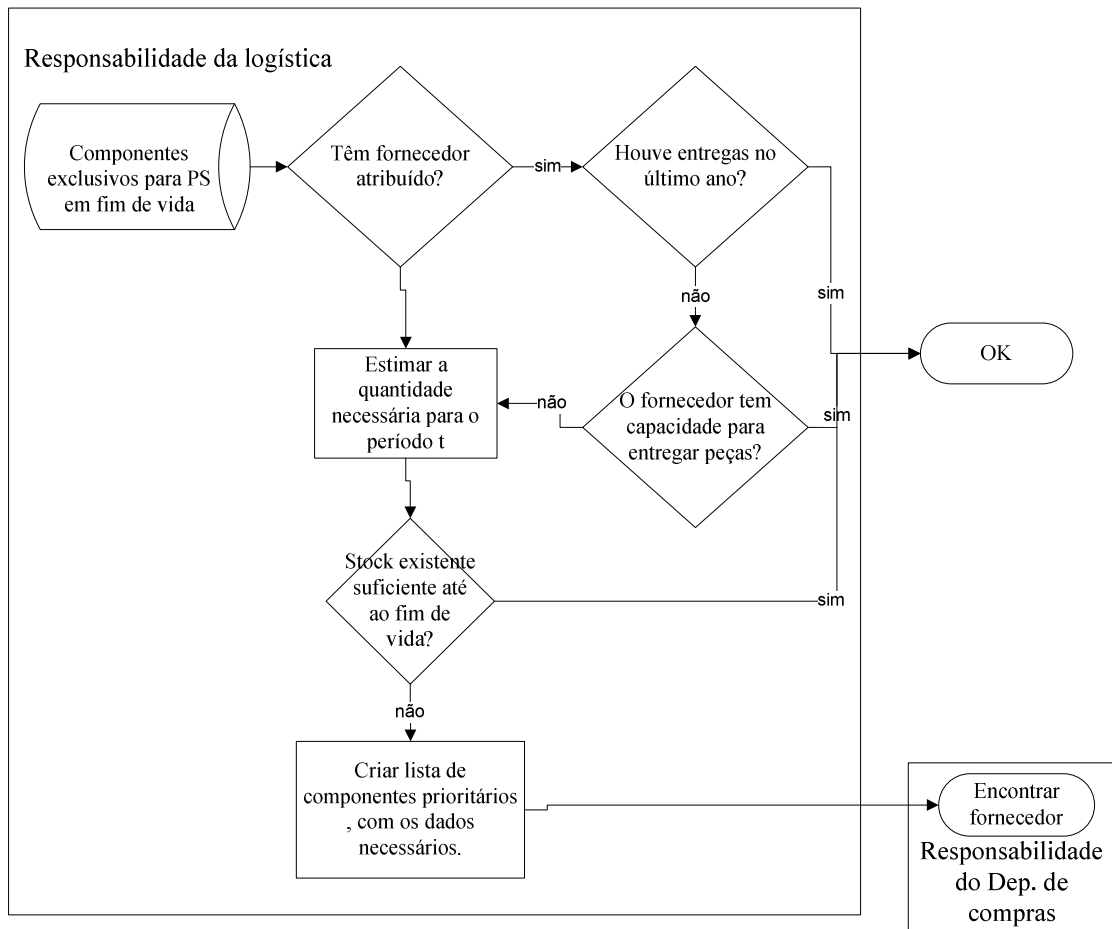


Figura 16 - Fluxograma da revisão de fornecedores de componentes específicos

Numa primeira análise e depois de feito o primeiro filtro constatou-se que existiam 5 fornecedores, dos 148 fornecedores de componentes exclusivos, que no último ano não tinham efectuado nenhuma entrega, e que careciam de verificação de disponibilidade de entrega.

4.4 Indicadores de desempenho

Neste projecto foram apresentados objectivos bem definidos. Após a implementação parcial das propostas apresentadas foi possível verificar o desempenho do mesmo.

- Tornar o processo de *procurement*, para estes componentes, mais eficiente e transparente.

A criação da base de dados (anexos 1 e 2) foi essencial para este objectivo. Tal como se pode verificar no anexo 1 e 2, a informação é toda visível e à distância de uma fácil consulta. Os dados foram todos organizados e ligados, de forma a darem resposta às

necessidades dos planeadores. Assim, a análise das peças de substituição torna-se muito mais rápida e eficiente, reduzindo a possibilidade de erros.

- Melhorar o nível de serviço das peças de substituição de produtos descontinuados.

Durante a implementação deste projecto, verificaram-se algumas melhorias. De um ano para o outro, o número de falhas reduziu de 5% para 1%, o que se traduz num nível de serviço ao cliente de 95% que sobe para 99%.

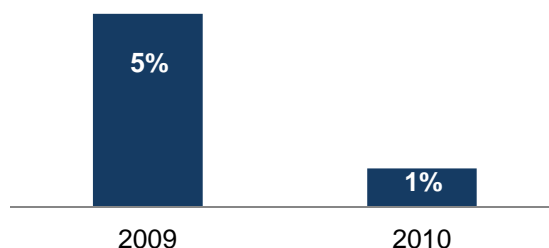


Gráfico 11 - Percentagem de falhas de peças de substituição exclusivas

- Garantir a disponibilidade de todos os componentes durante o período de responsabilidade.

Com a definição da previsão da procura dos componentes e a criação de procedimentos que verificam a disponibilidade desses componentes e a disponibilidade dos seus fornecedores, é possível garantir todos os componentes dentro do seu período de responsabilidade.

- Reduzir o stock e stock obsoleto de peças de substituição e seus componentes.

Após a caracterização das peças de substituição e dos seus componentes exclusivos, foi possível determinar a data de fim de responsabilidade da BT. Isto permitiu a identificação de algumas peças e componentes que estavam em stock e que já não eram necessários, eliminando assim cerca de 10% do valor em stock de peças de substituição e componentes exclusivos, bem como cerca de 20 locais em armazém destinados a estes.

5 Conclusão

A gestão de peças de substituição é uma área na qual, cada vez mais, as organizações procuram obter melhorias nos seus processos. Nesse sentido, este relatório focou-se no processo de *procurement* para peças de substituição exclusivas para produtos em fim de vida. Depois de ter sido realizada uma apresentação e contextualização da gestão de peças de substituição em fim de vida e dos seus principais problemas, foram apresentadas algumas estratégias para tornarem os processos dessa gestão mais eficientes. Os principais problemas deste tipo de peças são, por um lado, o facto de poderem implicar um considerável empate de capital em stocks. Por outro lado, numa situação completamente oposta, podem levar a falhas no serviço ao cliente, por atraso de entrega ou mesmo falha total, por falta de stock.

Neste contexto, foi apresentado um caso de estudo da empresa Bosch Termotecnologia S.A., onde o objectivo foi criar ferramentas de apoio ao processo de *procurement* para peças de substituição exclusivas, isto é, que apenas entrassem em aparelhos descontinuados. Essas ferramentas passaram pela criação de uma base de dados, pela utilização de métodos de previsão de procura, adequados a este tipo de produtos, e pela definição do processo de eliminação de stocks obsoletos.

A base de dados criada fez a ligação de toda a informação relevante destas peças e permitiu caracterizar as peças de substituição e seus componentes, quanto ao seu ciclo de vida e estrutura do produto. Essa informação reunida e organizada, conjuntamente com o histórico da procura, permitiu então caracterizar as peças de substituição e aplicar métodos de previsão de procura mais adequados, de acordo com a literatura apresentada, a cada tipo de produto. No entanto, a melhoria do processo de previsão da procura não trouxe relevantes mais-valias. A diferença dos erros, entre os processos apresentados e os já existentes, não demonstrou ser significativa.

Porém, a informação recolhida e a definição de procedimentos de rotina levou não só à eliminação de stocks obsoletos e consequente libertação de espaço no armazém, mas também à melhoria do nível de serviço. O nível de serviço ao cliente aumentou, uma vez que, com a identificação dos componentes mais críticos e atribuição de novos fornecedores, foi possível diminuir o número de falha por falta de stock e fornecedor. Este projecto servirá também como ponto de partida para a definição dos requisitos necessários da gestão de peças de substituição numa futura integração dos dois sistemas ERP da BT num só. Assim, os objectivos que se pretendiam alcançar com este projecto foram alcançados.

Para além disto, é importante referir que o desenvolvimento de um projecto na área da gestão das peças de substituição, numa empresa de grande dimensão como a Bosch Termotecnologia S.A. tornou-se uma experiência bastante enriquecedora, e que permitiu adquirir conceitos e experiências com mais-valia para a vida profissional.

Bibliografia

Ballou, Ronald H. “Business logistics/Supply Chain Management”. Person Prentice Hall, 2003

Botter, Rene & Fortuin, Leonard “Stocking strategy for service parts - a case study” International Journal of Operations & Production Management, Vol. 20 No. 6, 2000, pp. 656-674.

Braglia, M., Grassi, A., and Montanari, R. (2004). Multi-attribute classification method for spare parts inventory management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 10(1):55– 65.

Chopra, S. and Meindl, P. (2004). Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation. Pearson Education Inc., second edition.

Escária, V., 1995, “A utilização do método XII-ARIMA na dessazonalização de séries de conjuntura”, Prospectiva e Planeamento, nº1, Lisboa.

Fortuin, L. (1980a). The all-time requirement of spare parts for service after sales – theoretical analysis and practical results. International Journal of Operations and Production Management, 1(1):59–70.

Fortuin, L. and Martin, H. (1999). Control of service parts. International Journal of Operations & Production Management, 19(9):950–971.

Ghobbar A.A., Friend C.H., 2003, “Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model”, Computers & Operation research, n.30, p.2097-2114.

Hong, Jung Sik & Koo, Hoon-Young & Lee, Chin-Seung & Ahn, Jaekyoung (2005) “Forecasting service parts demand for a discontinued product”

Huiskonen, J. (2001). Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. International Journal of Production Economics, 71:125–133.

Inderfurth, K. and Mukherjee, K. (2007). Analysis of spare part acquisition in post product life cycle. Otto von Guericke University, FEMM Working Paper 2006/006.

Käki, A. (2007). Forecasting in End-Of-Life Spare Parts Procurement. Helsinki

Lee, C. B. (2002). Demand chain optimization: Pitfalls and key principles. Evant White Paper Series

Moore, J.R., Jr. (1971) Forecasting and scheduling for past-model replacement parts. Management Science, 18(4), 200–213.

Service Parts Management: The focus is the customer (2004) - <http://www.mcasolutions.com/pdf/ServicePartsMgmtWP.pdf>

Service Parts Optimization (2006),
http://www.sas.com/offices/europe/denmark/pdf/spo_whitepaper.pdf

Syntetos, A. A., Boylan, J. E.. On the bias of intermittent demand estimates. International Journal of Production Economics, v. 71-1/3, p. 457-466, 2001.

Syntetos, A. A., Boylan, J. E.. The Accuracy of Intermittent Demand Estimates. International Journal of Forecasting, v. 21, p. 303-314, 2005.

Syntetos, A. A., Boylan, J. E., Croston, J. D. On the Categorization of Demand Patterns. Journal of the Operational Research Society, 56, p. 495-503, 2005.

Teunter, R. H. (1998). Inventory Control Of Service Parts in the Final Phase. PhD thesis, University of Groningen

Teunter, R. H. and Fortuin, L. (1997). End-of-life service. International Journal of Production Economics, 59:487–497

Triennale, L. (2009), Forecasting Methods for Spare Parts Demand, University of Padova University of Technology.

Vollmann, T. E., Berry, W. L., and Whybark, D. C. (1997). Manufacturing, Planning and Control Systems. McGraw-Hill Companies Inc., fourth edition.

Webby, R. and O'Connor, M. (1996). Judgemental and statistical time series forecasting: a review of the literature. International Journal of Forecasting, 12:91–118.

Willemain, Thomas R., Charles N. Smart, Henry F. Schwarz. A New Approach to Forecasting Intermittent Demand for Service Parts Inventories. International Journal of Forecasting 20 (2004) 375–387

ANEXO 1

Consultas	Detalhe dos Dados	1º Input	2º Gerar SP's	3º Input stocks e dados de fornecedores
-----------	-------------------	----------	---------------	---

**BOSCH** Spare parts and its specific ROH material management

Menu

Depois de introduzir o 3º Input

Lista dos EZRS com data fim de vida, stock, fornecedor e peças de substituição associadas

Lista de peças de substituição com data fim de vida, stock e aparelhos associados

Lista de aparelhos com e sem data e com peças de substituição associados

Procura

Procura de EZRS

Procura de Peças de substituição

Informação para Compras

Prioridade Missing Parts

Sucatar

Lista de EZRS a sucatar

Lista de peça de substituição a sucatar

ANEXO 2

